

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка

Природничо-географічний факультет

Кафедра хімії та методики навчання хімії

Козацький Богдан Ігорович

**ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ РІЧКИ СУМКА
ТА КОСІВЩИНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В УМОВАХ
АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)

Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеню магістра

Науковий керівник

_____ М.М. Більченко

кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри хімії та методики навчання
хімії

« ____ » _____ 2020 року

Виконавець

_____ Б.І. Козацький

« ____ » _____ 2020 року

Суми 2020

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

pH – водневий показник

БО– біхроматна окиснюваність

ГДК – гранично-допустима концентрація

ДСМД – державна система моніторингу природного середовища довкілля

ЕДТА – етилендіамін тетраоцтова кислота

НПР – нормальний підпірний рівень

ОВП – окисно-відновний потенціал

ПО – перманганатна окиснюваність

СПАР– синтетично поверхнево-активні речовини

ХСК – хімічне споживання кисню

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1	8
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ	8
1.1. Класифікація, хімічна характеристика, чинники формування хімічного складу природних вод	8
1.2. Система моніторингу стану природних вод в умовах антропогенного навантаження	12
1.3. Водні ресурси Сумської області	14
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1	19
РОЗДІЛ 2	20
МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРИРОДНОЇ ВОДИ	20
2.1. Хімічні методи аналізу	20
2.1.1. Визначення загальної твердості комплексонометричним методом	20
2.1.2. Визначення вільної лужності та карбонат-йонів, титриметричним методом	23
2.1.3. Визначення хімічного споживання кисню методом Кубеля ...	24
2.2. Фізико-хімічні методи аналізу	26
2.2.1. Визначення рН методом потенціометрії	26
2.2.2. Визначення ОВП методом редоксиметрії	27
2.2.3. Визначення нітрат-йонів методом йон-селективної потенціометрії	28
2.2.4. Визначення йонів амонію методом йон-селективної потенціометрії	30
2.2.5. Визначення вмісту нітрит-йонів методом фотоколориметрії реактивом Грісса	31
2.2.6. Визначення вмісту хлорид-йонів методом йон-селективної потенціометрії	33

2.2.7. Визначення сульфат-йонів методом турбідиметрії.....	35
2.2.8. Визначення загального вмісту ортофосфатів та поліфосфатів методом фотометрії.....	37
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2	41
РОЗДІЛ 3	42
ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД КОСІВЩИНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ТА РІЧКИ СУМКА.....	42
3.1 Фізико-географічна характеристика Косівщинського водосховища та річки Сумка	42
3.2. Результати хімічного аналізу води Косівщинського водосховища та річки Сумка.....	47
3.3. Оцінка якості поверхневих вод в умовах антропогенної дії.....	52
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3	54
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Актуальність дослідження. Результати моніторингових досліджень якості (хімічного складу) природних вод у Сумській області свідчать, що рівень забруднення досягає критичного рівня, спостерігається порушення гранично допустимих концентрацій хімічних і біогенних компонентів. В зоні особливої уваги є водні об'єкти у містах та населених пунктах. Саме тому має здійснюватися моніторинг водних об'єктів з метою охорони природних ресурсів та визначення джерел забруднення [24].

Важливу роль у формуванні екологічної картини міста Суми відіграють поверхневі води річки Сумка і Косівщинського водосховища, котре створене у руслі цієї річки. Поверхнева вода цих водойм – один із важливих ресурсів забезпечення життєдіяльності біологічного довкілля та задоволення господарських потреб населення м. Суми.

Річка Сумка утворює із Косівщинським водосховищем єдину водну систему, оскільки вона бере початок із джерел поблизу селищ Новосуханівки та Степанівки і потрапляє у водосховище. Із водосховища річка Сумка стікає та впадає у річку Псел у центральній частині м. Суми [14, 22].

Таке положення річки Сумка та її басейну обумовлює зацікавленість науковців в дослідженні її водотоку. Гідрохімічний стан та якість річкової води досліджували Більченко М. М., Касьяненко Г. Я., Данильченко О. С. [9, 23], стан басейну річки та рівень антропогенного навантаження описали в своїх працях Данильченко О. С. [22] та Тюленєва В. О. [37].

Контроль та спостереження за якісним станом і кількісним складом хімічних інгредієнтів поверхневих вод річки Сумки та Косівщинського водосховища, є важливим завданням для підтримування природного балансу у навколишньому середовищі.

За даними моніторингових досліджень та спостережень слід зазначити, що вода річки Сумка у літньо-осінній сезон має ознаки деградації малої річки.

Причиною занедбаного стану і перевищення ГДК хімічних інгредієнтів у поверхневих водах, які встановлені дослідниками є антропогенні фактори: виведення каналізаційних стоків із селища Сад у Косівщинське водосховище, незадовільний стан очисних споруд, скид побутово-господарських відходів і ливневі стоки.

У роботі використані експериментальні результати лабораторії хіміко - екологічного моніторингу кафедри хімії та методики навчання хімії Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка та результати моніторингу, а також прогнозування динаміки зміни якості досліджуваних водних об'єктів із лабораторій Державної Екологічної Інспекції у Сумській області та лабораторії вод і ґрунтів регіонального офісу водних ресурсів у Сумській області.

Дослідження виконані в межах планових робіт колективної науково-дослідної теми кафедри хімії та методики навчання хімії «Хіміко-екологічний моніторинг річкових басейнів Сумської області».

Метою дослідження є моніторинг хімічного складу та діагностика якості поверхневих вод за гідрохімічними та екологічними показниками.

Основні завдання роботи:

1. Для встановлення рівня актуальності теми дослідження, виконати літературний аналіз наукових джерел.
2. Визначити гідрохімічні показники якості поверхневих вод річки Сумка та Косівщинського водосховища: катіон-аніонний склад, вміст біогенних компонентів.
3. Провести екологічну характеристику досліджуваних водних об'єктів.
4. Надати можливі рекомендації за показниками якості води щодо охорони водних ресурсів в межах міста Суми.

Об'єктом дослідження є якість поверхневих вод річки Сумка та Косівщинського водосховища.

Предметом дослідження є показники хімічного складу води та екологічні характеристики.

Методи дослідження:

1. Методи гідрохімічного аналізу (титрометричний аналіз, йон-селективна потенціометрія, редоксиметрія, фотоколориметрія, турбідиметрія).

2. Методи аналізу та систематизації наукової та методичної літератури, дисертаційних робіт за допомогою яких обґрунтовано теоретичні положення з даної проблеми.

3. Методи графічної обробки результатів вимірювань.

Практичне і теоретичне значення даної роботи полягає у використанні результатів дослідження в системі моніторингу стану водних ресурсів та об'єктів довкілля.

Апробація результатів дослідження. Результати роботи доповідалась на I Всеукраїнській науковій заочній конференції «Освітні та наукові виміри природничих наук», 8 грудня 2020 року. Результати дослідження опубліковані у збірнику наукових праць «Природничі науки», 2020.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

1.1. Класифікація, хімічна характеристика, чинники формування хімічного складу природних вод

Внаслідок надто інтенсивної різноманітності якісного та кількісного складу природних вод класифікація не здатна розподілятися лише за однією ознакою. З огляду аналітичної хімії найбільш доцільною є класифікація природних вод за вмістом основних сольових компонентів, які будують «матрицю» об'єкту аналізу [4].

Класифікація Алекіна О. А. [4], ґрунтується на співвідношенні між йонами, основана на їх мінералізації природних вод. Данна класифікація виділяє три класи природних вод за переважаючим аніоном: карбонатні (HCO_3^- та CO_3^{2-}), сульфатні (SO_4^{2-}), хлоридні (Cl^-). В кожному класі містяться три групи за переважаючим катіоном: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . В кожній із груп за співвідношенням між лужністю (Alk) та загальною жорсткістю ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) виділяють чотири типи вод, вони визначаються за співвідношенням між вмістом йонів у відсотках у перерахунку на кількість речовини еквівалента.

Перший тип вод (I) характеризується співвідношенням:

$$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}. \quad (1.1)$$

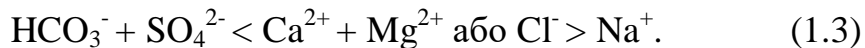
Вона створюється за рахунок процесів хімічного вилуговування внаслідок вивержених порід або протікання процесів іонного обміну у ґрунтово-підґрунтовій площі з Ca^{2+} і Mg^{2+} на Na^+ . Характеризуються низьким значенням мінералізації.

У другому типі вод (II) існує співвідношення 1.2:

$$\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}. \quad (1.2)$$

Такий тип вод утворюється внаслідок хімічного виверження осадових порід і продуктів вивітрювання корінних порід. До них відносять річки, озера та підґрунтові горизонти. Їм властива невисока й помірна мінералізація.

Третій тип вод (III) характеризується наступним співвідношенням:



Даний тип вод характеризується включенням частини мінералізованих або тих, що піддаються обміну із Na^+ на Ca^{2+} та Mg^{2+} . До охарактеризованого вище типу вод включають такі природні об'єкти як океани, моря, лимани (морські), реліктові водоймища тощо.

Четвертий тип вод (IV) характеризується наступним співвідношенням:



Рівняння 1.4 свідчить про, те, що у даному типі водних об'єктів відсутні гідрокарбонат-йони (HCO_3^-). Характеризуються надто низьким значенням рН. До них належать болотні, шахтні, вулканічні водні об'єкти або води, що надто засмічені промисловими стічними водами. До них належать лише водні об'єкти сульфатного та хлоридного класів [4, 5].

Вчений-геохімік Вернадський В.І. навів власну класифікацію природних вод. За основу обрано представлення води як до мінералу [13]. За фізичним станом розподілу групи природних вод на прісні (до 1 г/дм³), солонуваті (1-25 г/дм³), солоні (25-50 г/дм³), розсоли (понад 50 г/дм³)

Далі фактор наведеної класифікації розділяє на групи вод три підгрупи:

- 1) Газоподібні води (пари води);
- 2) Рідкі води (розчини);
- 3) Тверді води (лід).

В кожній із цих підгруп води за ступенем їх мінералізації (концентрації йонів і молекул) поділяються на три класи:

- 1) клас прісних вод ($\leq 1,0$ г/кг);
- 2) клас солоних чи мінералізованих вод (1-50 г/кг);
- 3) клас розсолів (рони) (>50 г/кг).

Далі наведені вище класи поділяються, в свою чергу, на підкласи (переважно вмістом у воді газів). Підкласи входять до царств.

При розгляді вод за геолого-географічним ознакам Вернадський виділяє царства, підцарства та сімейства природних вод. Наведена класифікація є найповнішою із усіх, створених на сьогоднішній день. Вона розглядає ніж більше 485 типів вод, при цьому В. І. Вернадський вважав, що в дійсності їх кількість перевищує за 1500 [13].

Хімічний склад природних вод умовно розподіляють на 6 основних груп [30, 36]:

1) розчиненні гази – кисень (O_2), сірководень (H_2S), карбон(IV)оксид (CO_2), метан (CH_4) тощо;

2) головні іони, до них відносять: гідрокарбонати (HCO_3^-), карбонати (CO_3^{2-}), натрій (Na^+), калій (K^+), кальцій (Ca^{2+}), магній (Mg^{2+}), сульфати (SO_4^{2-}), хлориди (Cl^-);

3) біогенні елементи – це ті хімічні інгредієнти, що входять до складу живих організмів та беруть участь у різноманітних біохімічних реакціях у ньому, до них входять: йони амонію (NH_4^+), нітрит-йони (NO_2^-), нітрат-йони (NO_3^-), нітроген органічний ($N_{орг}$), йони Феруму (Fe^{2+} , Fe^{3+}), фосфат-йони (PO_4^{3-}), поліфосфати й фосфор органічний ($P_{орг}$), ортосилікати (SiO_3^{2-});

4) четверту групу хімічного складу природних вод складають мікроелементи, їх доцільніше її поділити на 2 підгрупи:

а) біогенні мікроелементи – хімічні інгредієнти, котрі входять до живих організмів та мають дуже мізерний вміст, виконують роль біохімічні ролі в живих організмах (рецепторну, ферментативну, вітамінну), до них належать наступні йони: Кобальту, Цинку, Мангану, Купруму, Молібдену;

б) мікроелементи – це елементи, котрі в більшості випадків є джерелами забруднення природних вод, до них відносять йони Фтору, Нікелю, Кадмію, Плюмбуму, Гідраріуму, Хрому тощо.

5) органічні речовини – органічні сполуки, які належать до органічних кислот, складних ефірів, гумусових речовин, органічних азотовмісних і фосфоровмісних сполук (білків, амінокислот, амінів тощо);

б) забруднювальні речовини: пестициди, СПАР, феноли, нафта і нафтопродукти тощо.

За сучасною оцінкою екологічного стану різноманітних водних об'єктів, враховуючи специфіку та актуальність вивчення саме радіоактивних елементів у воді, Хільчевський В.К. (1997 р.) виділив їх в окрему свою групу [41].

До важливих характеристик хімічного складу і деяких інших властивостей природної води належить твердість, лужність, окиснюваність, агресивність; що зумовлені сукупністю декількох компонентів, що містяться у водному середовищі.

Формування хімічного складу природних вод відбувається під впливом цілої низки різноманітних головних і другорядних, прямих і опосередкованих чинників [42].

До основних (головних) чинників належать явища і процеси, що визначають хімічний склад води, тобто формують води конкретний гідрохімічний тип (хлоридний, сульфатний тощо).

Другорядні чинники обумовлюють наявність у водних об'єктах хімічні інгредієнти, що не впливають на зміну сталості водного об'єкту, наприклад річці, із появою в ній нових протонів не перетворюється на болотну воду, при цьому надають йому певних особливостей, тобто працюють другорядні чинники через головні чинники.

За характером, особливостями та наслідками впливу на формування хімічного складу природних вод зазначені чинники поділяють на такі групи :

1) фізико-географічні (рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив);

2) геологічні (склад гірських порід, гідрогеологічні умови);

3) фізико-хімічні (хімічні властивості елементів, кислотні та лужні умови, змішування вод, іонний обмін);

4) біологічні (життєдіяльність живих організмів у водному середовищі й на водозбірних площах);

5) антропогенні (усі чинники, пов'язані із діяльністю людини) [42, 43].

Умови становлення хімічного складу природних вод різного типу залежить від співвідношення та послідовності прояву певних чинників. Їхня роль для поверхневих і підземних вод різна.

1.2. Система моніторингу стану природних вод в умовах антропогенного навантаження

У водному кодексі (ВК) України зазначено, що в умовах нарощування антропогенних навантажень на природне середовище, розвитку суспільного виробництва і зростання матеріальних потреб постає виникнення необхідності розробки і дотримання особливих правил користування водними ресурсами, їхнього раціонального використання та екологічно спрямованого захисту. Одним із головних ресурсів, котрий є засіб для підтримки життєдіяльності і задоволення потреб людського суспільства є *безпечна вода*, котра спрямована, як приклад, на розвиток промислової, сільськогосподарської галузі [15]. Під безпечною водою розуміють один із найбільш необхідних ресурсів, котрий застосовують для підтримання життєдіяльності організму, промисловості та сільськогосподарської діяльності, для задоволення людських потреб. На основі вище викладеного існує нагальна необхідність у потребі навчитися правильно керувати якістю водних об'єктів, тоді як моніторинг являється засобом наведеного керівництва [15].

Однією з основних проблем природних вод є забруднення останніх зазначених шкідливими речовинами, як наприклад СПАР, важкі метали, продукти нафтопереробки тощо [33, 42].

У кожній локації існування природного об'єкту присутній вплив на якісний та кількісний стан природних вод. Фактори, що впливають на динаміку змін хіміко-екологічного стану об'єкту – це густина населення, ступінь індустріалізації та об'єм водного об'єкту, останній фактор приймають на себе стічні води. Під *стічними водами* розуміють використані промисловими й комунальними підприємствами води, що забруднені різноманітними домішками [8].

Система, котра здійснює операції збирання, обробки, збереження та аналізу інформації стосовно кількісного та якісного стану водних ресурсів, прогнозування їхніх змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для затвердження управлінських рішень в галузі використання й охорони вод та відтворення водних вод є державний моніторинг вод.

Згідно із статті 21 Водного кодексу України здійснення державного моніторингу вод з метою забезпечення збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розробки науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання охорони вод та відтворення водних ресурсів, який є складовою частиною ДСМД (державна система моніторингу природного середовища довкілля) і здійснення державного моніторингу вод (Порядок) [15, 27].

До об'єктів державного моніторингу вод належать всі водні об'єкти (поверхневі води, підземні води, стічні води, тощо). До суб'єктів державного моніторингу належать Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінекоресурів), державна санітарно-епідеміологічна служба, Міністерство охорони здоров'я (МОЗ), Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС), Міністерство аграрної політики та продовольства

України (Мінагрополітики), Державний комітет України з будівництва та архітектури (Держбуд), їх органи на місцях, а також організації, що входять до галузі управління наведених центральних органів виконавчої влади [19].

Спостереження за станом водного об'єкта реалізується згідно із загального переліку показників, котрі характеризують кількісний стан водних ресурсів та їх зміну в певні проміжки часу, якісний стан води як об'єктів моніторингу тощо. Даний перелік показників розробляється, реалізується і затверджується в певному порядку. Розглянуті показники, котрі формують ГДК в Україні зазначені у положенні Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, для споживання людиною 2.2.4-17 (ДСанПН 2.2.4-171-10) [26].

Результатом виконання моніторингу в Україні є первинне отримання інформації, котрі одержують державні служби моніторингу вод, внаслідок спостережень за водним об'єктом; узагальнені дані; індекси та комплексні показники, отримані як узагальнення за параметрами, оцінка стану водного об'єкту та встановлення джерел негативних змін на нього, прогнози стану вод і його змін та надання необхідних рекомендацій для прийняття рішень стосовно отриманих результатів при проведенні моніторингу водного об'єкту дослідження.

1.3. Водні ресурси Сумської області

Сумська область локалізована на межі двох основних зон лісової та лісостепової. Західна й південно-західні складові Сумської області розміщені в межах Дніпровської низовини, а її східна та північно-східна частина розташовані в межах Середньо-Руської височини. Завдяки розміщенню даної області у помірно-континентальному кліматі, область надає створенню суттєво густої річкової мережі та значних площ перезволожених земель на її території [21].

Уся територія Сумської області знаходиться в межах басейну Дніпра. До таких річок, котрі складають гідрографічну систему лівобережних притоків Дніпра являються Десна, Сула, Псел, Ворскла.

На території Сумської області нараховують 1543 річок із загальною довжиною 8020 км. Також в річкову систему української області включена одна велика річка – Десна, котра знаходиться в Шосткинському й Середино-Будському районах, її площа становить 10860 км^2 , вона охоплює 45,6% області, тобто майже половину. Річка протікає по межі Сумської й Чернігівської областях на ділянці довжиною 37 км [14].

Кількість середніх, за розмірами, річок на території Сумської області складає 6, до них входять: Сейм (площа водозбору 6408 км^2), Псел (площа водозбору 5580 км^2), Сула (площа водозбору 4440 км^2), Ворскла (площа водозбору становить 2970 км^2), Клевень (площа водозбору 2102 км^2) і Хорол (площа водозбору 564 км^2). Загальна довжина середніх річок у межах області складатиме 801 км [14].

Кількість малих річок в області становить 1536 із загальною довжиною 7160 км (площа водозбору складатиме до 2000 км^2). 195 із даних водних об'єктів мають довжину понад 10 км загальною довжиною 3946 км. 1001 річка мають довжину від 1 до 10 км, загальна довжина яких складатиме 2954 км. Струмків та річок довжиною менше ніж 1 км нараховується приблизно 340 км та їх загальна довжина складатиме приблизно 282 км [14].

Річкова мережа розвинута помірно, її середня густота складає $0,35 \text{ км/км}^2$, котра майже співпадає із середньою густотою усіх річок в Україні. У Сумській області спостерігається найбільша густота у водному об'єкті басейну р. Сули, її показник має значення $0,44 \text{ км/км}^2$, а з найменшою густотою складатиме в басейні річки Десни $0,30 \text{ км/км}^2$ [14, 21].

За режимом річки Сумської області відносять до класифікації рівнинних. Помітні незначні ухили рік, що як наслідок надає їм меншої швидкості течії 0,1-0,6 м/с.

Водні запаси річок поповнюються за рахунок снігового, дощового та ґрунтового живлення. Суттєву роль забезпечує снігове живлення для природних вод, котре спостерігається у весняний період року, складає 50-65% від усіх типів живлення взагалі, тому в даний проміжок часу відбувається підняття рівня води та як наслідок спричинюється повінь в певних регіонах області. У кількісному відношенні меншими за рівнем живлення є дощові води літньо-осіннього періоду та ґрунтові води, джерелами котрих слугують підземні води. На весняну повінь припадає від 50% (р. Івотка) до 67% (р. Сейм) річкового стоку за рік. Для річок Сумської області повеневий стік складатиме приблизно 60% від усього річного стоку [14].

Озер у Сумській області нараховується приблизно 500, майже усі вони розміщені у річкових долинах, а саме у заплавах рік та на низьких надзаплавних терасах. В переважній більшості складатимуть заплавні озера – стариці, котрі були утворені внаслідок переміщення річкових русел [41]. Скупчення озер спостерігається в заплавах Десни (Середино-Будський та Шосткинський райони), Сейм (Кролевецький та Путивльський райони), Псла (Сумський район), і Ворскли (Охтирський район). Озер на надзаплавних річкових терасах значно менше, ніж в річкових заплавах, тому їх кількість в області мала. Найбільша кількість даних надзаплавних водних об'єктів розміщена в долинах Сейму, Псла та Ворскли. Наприклад місцезнаходження на надзаплавних терасах озер розміщені у м. Лебедин під назвою Лебединське, місто Суми під назвою озеро Чеха [14, 21].

Озера за розмірами поверхні, їх площа складає до 10 га, більшість з яких невеликі. Озер в Сумській області площею більш ніж 10 га налічується 25. Загальна площа озер складає 2042 га, в тому числі озер площею понад 10 га. За глибиною озера в Сумській області не перевищують 1,5-2 м, внаслідок цього контакт донної частини річки із світловою енергією Сонця стає тіснішим, тому відбуваються процеси фотосинтезу представників флори в

озері, через це відбувається зрошення озер рослинністю і також додатково збільшується вміст кисню в даних водних об'єктах [14].

Більшість озер мають природне походження, і тільки мала частка із загальної кількості озер у Сумській області мають синтетичне походження як приклад озеро Чеха в м. Суми. В основному це вироблені торфокар'єри на річкових заплавах, серед яких мають площу понад 10 га, а також заповнений водою піщаний кар'єр в заплаві р. Псел на східній околиці міста площею приблизно у 150 га. Вони віднесені до водойм у зв'язку із тим, що їх гідрологічний режим не відрізняється від режиму озер природного походження. Загальний об'єм води в озерах області порівняно незначний і складає приблизно 25 млн. м³.

До водойм штучного походження відносять водосховища й ставки. В Сумській області нараховується 46 водосховищ, 5 з них побудовані на середніх річках – Псел та Ворскла і 41 з них побудовані на малих річках. Серед них нараховують наливні та руслові. Наливні локалізовані у річкових заплавах і не мають прямого зв'язку із річковою системою природних вод, харчуються вони за рахунок ґрунтових вод. Руслові водосховища навпаки: пов'язані із річковою мережею та розміщені на Пслі та Ворсклі та розміщені у межах русл річок та не перевищують відмітку нормального підпірного рівня (НПР) води в них нижчі від відміток поверхні річкових застав. Усі інші руслові водосховища спричиняють підтоплення заплави (наприклад Косівщинське водосховище). Загальний повний об'єм водосховищ в області складає 102,74 млн. м³, із них функціонує 99 млн.м³ [14].

За площею водної поверхні та об'ємом води водосховища у Сумській області порівняно невеликі. Найбільші з них в Сумській області становлять такі водосховища як: Карабутівське (Ромен у Конотопському районі, найбільше водосховище в Сумській області) площею 502 га і об'ємом –12,97 млн.м³; Хорольське площею 167 га, об'ємом 5,59 млн.м³; Маловорожбянське площею 4,35 га, об'єм – 4,35 млн. м³; Косівщинське площею 240 га, об'ємом 4,10 млн. м³ [14].

До ставків прийнято відносити такий тип природних поверхневих вод, котрий характеризується об'ємом менше ніж 1,0 млн. м³. Основне завдання ставків – водокористування з метою для культурно-побутового комплексного використання, а також для зрошення, зволоження та риборозведення. Переважна кількість ставків в регіоні Сумської області створені за рахунок поверхневого стоку та локалізовані в руслах малих річкових поверхневих вод та струмків, а також в балках, котрі не володіють постійними стоками. За станом річок на території Сумської області налічується 2191 ставок, загальною площею 11384 га, об'ємом 123,9 млн. м³ [21].

У розміщенні ставків в області є певні особливості. В північних районах області в межах Полісся, а також в широких долинах річок Сейму та Ворскли їх вміст на одиницю площі території значно менший, ні на решті територій області, в яких балкова мережа більш розвинута і умови для їх створення більш сприятливі. За кількістю переважають малі ставки об'ємом до 150-200 тис. м³. Приблизно 10% складають ставки більші за 200 тис. м³ в тому числі й великі, котрі мають площу приблизно у 500 тис. м³. Великих ставків в Сумській області нараховується 60.

Серед усіх типів природних вод в Сумській області локалізовані також підземні води. Їх роль зосереджена також в постачанні водними ресурсами, при цьому завдяки їхньому різноманітному хімічному складу вони відіграють одну із найбільш важливих місць серед типів природних вод області. Прогнозні ресурси природних підземних вод складають 3,43 млн. м³/добу. Експлуатаційні запаси складають 0,58 млн.м³ за добу. Питомі прогнозні ресурси на одного жителя області складатимуть 944 м³ на рік, а експлуатаційні – 160 м³/рік. В Сумській області нараховується 13 підземних водозаборів із забором води більше 1 млн.м³/рік. Вони знаходяться в центральних районах області: Суми, Конотоп, Шостка, Охтирка, Ромни та Глухів [21].

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

На основі проведеного аналізу літературних джерел, де було відображено стосовно досліджуваної проблематики і визначено, що:

- класифікація за природніх вод Алєкіним є оптимальною для аналітичної хімії з метою визначення аналітичного сигналу досліджуваних природніх вод
- води р.Сумка та Косівщинського водосховища відносяться до II класу природніх вод згідно класифікації Алєкіна – це гідрокарбонато-кальцієво-магнієві води.
- визначено, що на хіміко-екологічний склад вод можуть впливати прямі та опосередковані чинники;
- визначено, що усі встановлені норми показників встановлюються державою, що зазначені у положенні Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, для споживання людиною 2.2.4-17 (ДСанПН 2.2.4-171-10);
- державні організації, котрі здійснюють моніторинг річок та водосховищ є Міністерство екології та природніх ресурсів України (Мінекоресурів), державна санітарно-епідеміологічна служба, Міністерство охорони здоров'я (МОЗ).
- Косівщинське водосховище належить до руслового водосховища, що може спричинювати підняття рівня води, площею 240 га;
- річка Сумка належить до малих за розміром річок.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРИРОДНОЇ ВОДИ

Методи аналізу [10, 29] поділяють на хімічні, фізико-хімічні та фізичні. Найбільш точними є хімічні методи аналізу, найбільш зручними та швидкими – фізичні методи, при цьому, щоб користуватися останнім зазначеними методами необхідна спеціальна підготовка персоналу до цього. Фізико-хімічні методи займають проміжне місце між хімічними та фізичними методами дослідження [10, 12, 29]. В більшості випадків аналітику достатньо для визначення хімічних природних вод хімічних та фізико-хімічних методів.

2.1. Хімічні методи аналізу

Дані методи аналізу базуються на визначенні аналітичного сигналу, що полягають у зміні структури дослідженого показника без суттєвого втручання в процес дослідження у зміні фізичних величин (тиск, температура, електромагнітне випромінювання тощо). Сюди відносять титриметрію, котра полягає у вимірюванні об'єму та гравіметрію, що заснована на вимірюванні маси речовини [4, 34].

2.1.1. Визначення загальної твердості комплексонометричним методом

Величина загальної жорсткості в джерелах централізованого водопостачання допускається до 7 ммоль/дм^3 , в окремих випадках за погодженням із органами санітарно-епідеміологічної служби до 10 ммоль/дм^3 .

Загальна твердість води обумовлена головним чином присутністю розчинених сполук Кальцію і Магнію та варіює в широких межах в

залежності від типу порід і ґрунтів, що складають басейн водозбору, а також від сезону року. При твердості до 4 ммоль/дм³ вода вважається м'якою; 4-8 ммоль/дм³ – середньої твердості; 8-12 ммоль/дм³ – твердою; більше 12 ммоль/дм³ – дуже твердою [17, 19, 31, 32, 38].

Сутність методу. Метод титрування базується на використанні ЕДТА для визначення сумарного вмісту Кальцію та Магнію в ґрунтових та поверхневих водах, а також у питній воді. Метод не розповсюджується на визначення стічних вод та вод, котрі мають надмірну концентрацію інгредієнтів, що визначаються (наприклад морські води). Найменша концентрація, котру є можливість визначити даним методом складає 0,05 ммоль/дм³.

Еріхром чорний, що має синє забарвлення в розчині, у присутності йонів Кальцію та Магнію утворює пурпурово-червоне або фіолетове забарвлення, застосовують в якості індикатора.

У процесі титрування ЕДТА спочатку виступає в реакцію з незв'язаними йонами Кальцію та Магнію, в подальшому в еквівалентній точці – з йонами Кальцію та Магнію, котрі об'єднуються з індикатором, що знаходилися в зв'язаному стані, ознакою цього є утворення синього забарвлення. Результати наводять у кількості одиниць концентрації речовини. Якщо вміст Кальцію визначали окремо, то масову концентрацію можна розрахувати [1, 3].

Обладнання: бюретка для титрування, хімічні стакани для титрування на 100 мл, мірний пальчик.

Реактиви:

1. Буферний розчин $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$. Розчинити 67,5 г. амоній хлориду в 570 мл розчину аміаку 25% ($\rho = 0,91 \text{ г/см}^3$). Далі додати 5 г двонатрієвої солі магнію ЕДТА ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$) та довести об'єм дистильованою водою до 1000 мл. Для перевірки приготовленого розчину додають 10 мл приготовленого розчину у 100 мл води. Якщо рН води не дорівнює $10 \pm 0,1$,

то розчин готовий недоцільно. 2. Динатрієва сіль ЕДТА, стандартний розчин $C(\text{Na}_2\text{ЕДТА}) - 10 \text{ ммоль/дм}^3$. 3. Еріхром чорний, індикатор.

Хід визначення. За допомогою піпетки перенести 50 мл випробного розчину у конічну колбу, вмістом 250 мл. Додати 4 мл буферного розчину $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ та три краплі індикатору еріхрому чорного. Колір розчину повинен змінитися на *пурпурово-червоний або фіолетовий*. Кінцева точка досягається коли, розчин проби повністю прибирається по всьому об'єму в червоний відтінок.

Далі титрують розчином $\text{Na}_2\text{ЕДТА}$, концентрацією 10 ммоль/дм^3 із бюретки, постійно перемішуючи колбу для титрування. Якщо споживання розчину ЕДТА менше ніж 4,5 мл, тоді титрувати, використовуючи більшу порцію робочої проби, та пропорційно збільшити об'єм буферного розчину.

Якщо споживання проби ЕДТА менше 20 мл, то титрують, користуючись меншим об'ємом проби.

Обробка результатів. Загальний вміст Кальцію та Магнію після проведення титрування розраховують за рівнянням 2.1 в ммоль/дм^3 :

$$T_{\text{заг}} = \frac{C(\text{Na}_2\text{ЕДТА}) \cdot V(\text{Na}_2\text{ЕДТА})}{V_a}, \quad (2.1)$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальна твердість, ммоль/дм^3

$C(\text{Na}_2\text{ЕДТА})$ — концентрація розчину динатрієвої солі ЕДТА кислоти, ммоль/дм^3 ;

$V(\text{Na}_2\text{ЕДТА})$ — об'єм динатрієвої солі етилендіамінтетраоцтової кислоти, що використовували під час титрування, мл;

V_a – об'єм робочої частини проби (зазвичай, 50 мл), мл.

Якщо проба була розбавлена, то попереднє розбавлення враховують у визначенні твердості води.

Якщо після обробки результатів ГДК перевищує 10 ммоль/дм^3 , то природна вода є надто твердою. і непридатна для використання.

2.1.2. Визначення вільної лужності та карбонат-йонів, титрометричним методом

Вільна лужність – це показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю в ній аніонів слабких кислот, в основному карбонатної кислоти (карбонат-йонів) [31].

Принцип методу. Визначення лужності засноване на титрування води сильною кислотою. Кількість розчину, необхідне для досягнення рН 8,3, еквівалентно вільної лужності [10, 28].

Обладнання: бюретка для титрування, хімічні стакани для титрування на 100 мл, мірний пальчик.

Реактиви. 1. Хлоридна кислота, 0,1н. розчин. При встановленні титру розчин необхідно продувати повітрям, як при аналізі проби. 2. Фенолфталеїн, 0,5% розчин. У 50 мл 96% етанолу розчиняють 0,5 г фенолфталеїну і розбавляють 50 мл дистильованої води, додають по краплях 0,01н. натрій гідроксиду до появи помітної рожевого забарвлення.

Хід визначення. Відбирають 100 мл досліджуваної води (при великому значенні лужності, беруть менший об'єм і розбавляють до 100 мл кип'яченою і охолодженою дистильованої водами) і додають 0,1 мл (2 краплі) 0,5% фенолфталеїну і титрують на білому тлі 0,1н. хлоридною кислотою до повного знебарвлення. Для більш чіткого уловлювання кінця титрування визначення слід вести із контролем, для чого поряд з пробю для титрування ставлять іншу порцію досліджуваної води, вміщуючи таку ж кількість індикатору. Титрування вважають закінченим, якщо після продування забарвлення розчину не змінюється. Повітря продовжують продувати, і якщо через 5 хв повертається первинна форма забарвлення, то пробу титрують до постійної зміни забарвлення.

Розрахунок вільної лужності виконують за формулою 2.2:

$$P = \frac{A \cdot C(HCl) \cdot 1000}{V_a}; \quad (2.2)$$

де Р – показник вільної лужності, моль-екв/дм³

A – об'єм 0,1н. хлоридної кислоти, що була витрачена на титрування проби з фенолфталеїном, мл;

$C(\text{HCl})$ – концентрація хлоридної кислоти, моль/дм³;

V_a – об'єм аліквоти, мл.

Концентрація карбонат-йонів розраховується за рівнянням 2.3:

$$C(\text{CO}_3^{2-}) = P \cdot M_e(\text{CO}_3^{2-}); \quad (2.3)$$

де $C(\text{CO}_3^{2-})$ – концентрація карбонат-йону, мг/дм³;

P – показник вільної лужності, що був визначений за рівнянням 2.2, мг-екв/дм³;

$M_e(\text{CO}_3^{2-})$ – молярна маса еквівалентів карбонат-йону, г/моль-екв.

2.1.3. Визначення хімічного споживання кисню методом Кубеля

Суть методу. Метод заснований на окисненні речовин, що присутні у воді, 0,01н. розчином KMnO_4 у сульфатнокислому середовищі при кип'ятінні. Без розведення дозволено визначати окиснюваність до 10 мг кисню в 1 л. Речовини, що заважають, а саме хлориди, концентрація котрих перевищує 300 мг/л, усувають шляхом додавання до проби 0,4 г HgSO_4 . Ферум, сульфіді, нітрити слід визначати окремо, а результат, перерахований на окиснюваність, вичислити із знайденої величини окиснюваності води: 1 мг нітритів – 0,35 мг; 1 мг Fe^{2+} – 0,14 мг. ГДК ХСК(ПО) не повинно перевищувати 5 мгО/дм³ [10, 25, 26, 41].

Обладнання: круглодонна колба для нагрівання, об'ємом 300 мл із носиком; колби на 250 мл для титрування; бюретки, піпетка на 5 мл, зворотній холодильник; газовий пальник, термометр; пробка для круглодонної колби, штатив, скляна лійка ($d=7$ см).

Реактиви: 1. Дистильована вода, в якій відсутні сторонні окисники; сульфатна кислота (1:3) ($\rho = 1,84$ г/см³); 2. Оксалатна кислота (щавлева $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$), 0,01н. розчин готують із фіксаналу чи додають 0,603 г оксалатної кислоти в мірній колбі об'ємом 1 л та доводять її до мітки дистильованою водою; 3. Розчин KMnO_4 0,1н. готують із фіксаналу або додають 3,2 г калій

перманганату в 1 л дистильованої води (зберігають в темній склянці); 0,01н. розчин KMnO_4 готують на основі 0,1н. приготовленого в день аналізу.

Хід роботи. В колбу для нагрівання вміщують 100 мл досліджуваної проби води (чи розведеної до 100 мл), заливаючи 5 мл розведеної (1:3) сірчаної кислоти та 20 мл 0,01н. KMnO_4 , закріпити на штативі, приєднати зворотній холодильник та закрити пробкою із термометром та нагрівати. Суміш нагрівають так, щоб вона закипіла не більш ніж через 5 хв. та кип'ятять точно 10 хв. Після процесу операції нагрівання додають 20 мл 0,01н. оксалатної кислоти до знебарвлення. Знебарвлену гарячу суміш (70-80°C) титрують 0,01н. розчином перманганату калію до слабо-рожевого забарвлення [10].

Після закінчення процесу нагрівання суміш переливають у колбу для титрування на 250 мл та титрують 0,01н. розчином калій перманганату.

Якщо у процесі кипіння, вміст колби втратить рожеве забарвлення чи побуреє до 2 хв (ознака MnO_2), то визначення слід проводити повторно, розбавити на початку проведення аналізу досліджувану пробу. Визначення слід також повторити, якщо при зворотному титруванні щавлевої кислоти витрачено більше ніж 7 мл та менше ніж 2 мл 0,01н. KMnO_4 .

Одночасно з аналізом досліджуваної проби обов'язково провести холостий дослід з дистильованою водою, не випускаючи жодної із стадій аналізу, навіть кип'ятіння.

Величину перманганатної окиснюваності розрахувати у мгО/дм^3 за рівнянням 2.4:

$$\text{ХСК(ПО)} = \frac{(A-B) \cdot k \cdot \text{Ce}(\text{KMnO}_4) \cdot E_m(\text{O}) \cdot 1000}{V_a}; \quad (2.4)$$

де А і В – об'єми розчину калій перманганату, витрачені на титрування досліджуваної та холостої проб, мл;

k – коригуючий коефіцієнт до розчину калій перманганату, якщо поправка до титру має від 0,955 до 1,005, то при розрахунках результатів, його можна не включати у рівняння.

$C_e(\text{KMnO}_4)$ – концентрація еквівалентів калій перманганату, моль-екв/л;

$E_m(\text{O})$ – молярна маса еквіваленту кисню, г/моль-екв;

V_a – об'єм аликвоти досліджуваної проби, мл.

Нормальність перманганату слід встановлювати в день проведення аналізу, титруючи стандартний розчин оксалатної кислоти [10, 12].

2.2. Фізико-хімічні методи аналізу

Дані методи аналізу використовують для визначення речовин при їх низькому вмісті (~10–3% та менше), де хімічні методи аналізу не застосовуються. Фізико-хімічні методи аналізу містять у собі як реакції хімічного перетворення та одночасно й зміну фізичних параметрів, наприклад зміну температури, енергії речовини, пропускання електричного струму тощо. До даних методів аналізу відносять потенціометрію (включно йон-селективну потенціометрію), оптичні методи аналізу (турбідиметрію, фотоколориметрію), атомну-адсорбційні методи аналізу, хроматографічні методи аналізу [12, 28].

2.2.1. Визначення рН методом потенціометрії

Сутність методу. Метод заснований на вимірюванні різниці потенціалів, що виникають на кордонах між зовнішньою поверхнею скляної мембрани електрода і досліджуваним розчином, з однієї сторони внутрішньою поверхнею мембрани і з іншої – стандартним розчином. Внутрішній стандартний розчин скляного електрода має постійну активність йонів Гідрогену, тому потенціал на внутрішній поверхні мембрани не змінюється. Зрушення рН на одиницю викликає зміну потенціалу електрода на 58,1 мВ при 20°C. Межі лінійної залежності обумовлені властивостями скляного електрода. ГДК значення рН природної води для господарсько-питного та культурно-побутового призначення не нижче 6,5 та не вище 8,5 [10, 40, 43].

Обладнання. 1. Потенціометр із електронним дисплеєм та магнітною мішалкою та скляним і каломельним (або хлорсрібним) електродами. 2. Склоаний електрод, перед роботою витримують 8 год в 0,01н. розчині хлоридної кислоти. Перед виміром його кілька разів ополіскують дистильованою водою. Склоаний електрод повинен бути прокалібрований по буферним розчинам 3. Склоаний стаканчик на 50 мл.

Реактиви. Буферні розчини.

Підготовка до аналізу. Перед вмиканням приладу перевіряють його «механічний нуль», при необхідності його коригують. Перевіряють і встановлюють шкалу по 2-3 буферним розчинам. Для цього стаканчик з буферним розчином вміщують під склоаний і каломельний (хлорсрібний) електроди так, щоб розчин повністю вкривав кульку склоаного електрода. Нижній кінець каломельного (хлорсрібного) електрода повинен бути нижче кульки склоаного електрода. Вимірюють значення температури. На поверхні кульки не повинно бути бульбашок повітря. Вмикають потенціометр і протягом 2-3 хв з моменту вмикання приладу фіксують значення рН, вмикають та повторюють вимір. Якщо обидва значення збігаються, то потенціал електрода вважають сталим і приступають до корекції шкали відповідно до інструкції. Далі аналогічно знаходять з іншими буферними розчинами. Електрод між вимірами ретельно ополіскують дистильованою водою, знімають з кульки краплі чистим фільтрувальним папером і споліскують 2 рази невеликими порціями нового буферного розчину [10].

Хід визначення. До склоаного стаканчика на 50 мл додають пробу та вміщують магнітну мішалку та занурюють каломельний (хлорсрібний) та склоаний електроди. Вмикають потенціометр, котрий заздалегідь налаштований, встановлюють з моменту вмикання 2-3 хв потенціометру і фіксують значення рН відображене на дисплеї.

2.2.2. Визначення ОВП методом редоксиметрії

Сутність методу. Метод редоксиметрії відноситься до методів об'ємного аналізу. Полягає у застосуванні окисно-відновних процесів, котрі

проходять в даному випадку у воді, при передачі електронів від окисленої форми до відновленої форми і служить для кількісного визначення окисників та відновників. Для гарної агрегації природних вод значення ОВП повинно складати $150 \div 250$ мВ [6, 28].

Обладнання. 1. ОВП-метр із електронним дисплеєм та магнітною мішалкою та скляним і каломельним (або хлорсрібним) електродом. Скляний електрод перед роботою витримують 8 год в 0,01н. розчині хлоридної кислоти. Перед виміром його кілька разів ополіскують дистильованою водою. Скляний електрод повинен бути прокалібрований по буферним розчинам 2. Скляний стаканчик на 50 мл.

Хід визначення. До скляного стаканчика на 50 мл додають пробу та вміщують магнітну мішалку та занурюють каломельний (хлорсрібний) та скляний електроди). Вмикають ОВП-метр, котрий заздалегідь налаштований, встановлюють з моменту вмикання 2-3 хв після цього фіксують значення ОВП на дисплеї.

2.2.3. Визначення нітрат-йонів методом йон-селективної потенціометрії

Нітрати є кінцевим продуктом мінералізації органічних азотовмісних речовин, їх вміст у воді, як правило, водних організмів і мінералізації органічних речовин. Максимальний вміст нітратів спостерігається в зимовий період [25, 26, 34, 37].

Сутність методу: метод заснований на прямому визначенні нітрат-йонів із використанням йон-селективного електроду. Даний метод дозволяє визначити нітрат-йони в мінеральних водах будь-якої мінералізації при отриманих їх від 10 до 70 мг/дм^3 з відносною похибкою у 10%. ГДК нітрат-йонів в природній воді для господарсько-питного та культурно-побутового призначення складає 45 мг/дм^3 [16, 25, 26].

Обладнання: пристрій для вимірювання величини електродного потенціалу (мілівольтметр), електрод-порівняння (хлорсрібний), нітрат-селективний електрод, ваги лабораторні аналітичні, сушильна шафа, колби із

міткою на 50 мл, скляні стакани на 50 мл, піпетки на 10 мл, скляні воронки, колба на 250 мл з міткою.

Реактиви: 0,1 М розчин KNO_3 , розчин готують із 2,527 г KNO_3 , попередньо висушеного при 105°C у сушильній шафі до постійної маси, розчиняють в дистильованій воді в мірній колбі на 250 мл та доводять об'єм дистильованою водою до мітки на колбі.

Встановлення градувальної залежності. У склянки із фіксованою міткою об'ємом 50 мл готують розчину нітрату калію із концентрацією $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Далі склянки встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди і проводять вимірювання потенціалу в градувальних розчинах від меншої концентрації NO_3^- $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Глибина занурення електродів і швидкість перемішування повинні бути однаковими у всіх вимірах. Показання приладу записують після встановлення постійного значення потенціалу. Час його встановлення залежить від концентрації нітрат-йонів та температури в градувальних розчинах і становить від декількох секунд до хвилин.

Для кожної концентрації градувального розчину проводять по три паралельних вимірювання потенціалу і за результат приймають середнє арифметичне значення. Градувальну залежність встановлюють в координатах: значення pNO_3 градувальних розчинів ($\text{pNO}_3 = -\lg[\text{NO}_3^-]$, де $[\text{NO}_3^-]$ – концентрація нітратів-йонів, моль/дм³) – відповідні їм значення потенціалу, мВ. На основі цього встановлюють градувальну залежність. Залежність встановлюють перед кожною серією визначень, а також при заміні вимірювального або допоміжного електродів [12, 28].

Виконання вимірювання. 10 мл аналізованої проби вносять в стакан об'ємом 50 мл. Стакан встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди, очікують встановлення рівноважного значення потенціалу і записують результати показання приладу.

Обробка результатів. Будують калібрувальний графік, залежності ЕРС у мВ від pNO_3 на основі вимірювань стандартних розчинів або знаходять

за методом найменших квадратів досліджуваний $p\text{NO}_3$ та розраховують $C(\text{NO}_3^-)$ у мг/дм^3 [12, 28].

2.2.4. Визначення йонів амонію методом йон-селективної потенціометрії

Сутність методу: за основу визначення покладено вимір потенціалу електроду, селективного до йону амонію. За величиною електродного потенціалу із градувальної залежності знаходять концентрацію в пробі йонів амонію. ГДК йонів амонію в природних водах становить $2,6 \text{ мг/дм}^3$ для господарсько-питного та культурно-побутового призначення [25, 26].

Обладнання: пристрій для вимірювання величини електродного потенціалу (мілівольтметр), електрод-порівняння, амоній-селективний електрод, ваги лабораторні аналітичні, сушильна шафа, колби із міткою на 50 мл, скляні стакани на 50 мл, піпетки на 10 мл, скляні воронки, колба на 250 мл з міткою.

Реактиви: 0,1 М розчин NH_4Cl .

Встановлення градувальної залежності. У склянки із фіксованою міткою об'ємом 50 мл готують із розчину NH_4Cl із концентрацією $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Далі склянки встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди і проводять вимірювання потенціалу в градувальних розчинах від меншої концентрації NH_4^+ $1 \cdot 10^{-1}$, $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Глибина занурення електродів і швидкість перемішування повинні бути однаковими у всіх вимірах. Показання приладу записують після встановлення постійного значення потенціалу. Час його встановлення залежить від концентрації йонів амонію та температури в градувальних розчинах і становить від декількох секунд до хвилин.

Для кожної концентрації градувального розчину проводять по три паралельних вимірювання потенціалу і за результат приймають середнє арифметичне. Градувальну залежність встановлюють в координатах: значення $p\text{NH}_4$ градувальних розчинів ($p\text{NH}_4 = -\lg[\text{NH}_4^+]$, де $[\text{NH}_4^+]$ – концентрація йонів амонію, моль/дм³) – відповідні їм значення потенціалу,

мВ. На основі цього будують встановлюють градувальну залежність. Залежність встановлюють перед кожною серією визначень, а також при заміні вимірювального або допоміжного електродів [25, 26].

Виконання вимірювання. 10 мл аналізованої проби вносять в стакан об'ємом 50 мл. Стакан встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди, очікують встановлення рівноважного значення потенціалу і записують результати показання приладу.

Після закінчення вимірювання потенціалу, електроди відмивають дистильованою водою. Відмивання електродів відбувається досить швидко при триразовій заміні дистильованої води.

Температура аналізованої проби повинна бути однаковою з температурою розчинів при встановленні градувальної залежності.

Обробка результатів. Будують калібрувальний графік, залежності ЕРС у мВ від pNH_4 на основі виміряних стандартних розчинів або знаходять за методом найменших квадратів досліджуваний pNH_4 та розраховують $C(NH_4^+)$ у $мг/дм^3$.

2.2.5. Визначення вмісту нітрит-йонів методом фотоколориметрії реактивом Грісса

Сутність методу. Метод заснований на здатності нітрит-йонів діазотувати, а також на утворенні червоно-фіолетового забарвлення діазосполуки. Інтенсивність забарвлення, пропорційна вмісту нітритів, вимірюють на фотоколориметрі при довжині хвилі 520 нм [26].

Нижня межа визначення $0,002 \text{ мг/дм}^3$ пробу слід розвести. Відносна похибка визначення $\pm 5\%$. При визначенні даних йонів використовується реакція із сульфаніловою кислотою і α -нафтиламіном, яка дістала назву реактив Грісса, з утворенням рожевого забарвлення, інтенсивність котрої пропорційна вмісту нітритів у воді. ГДК нітрит-йонів природній воді для господарсько-питного та культурно-побутового призначення $3,3 \text{ мг/дм}^3$ [19, 25, 26].

Обладнання: кювети 1-2 см; піпетки на 10, 5, 2, 1 мл; фотоколориметр КФК-3; колби із фіксованою міткою на 50 мл; стакани на 50 мл; мірний циліндр на 100 мл; паперовий фільтр «синя стрічка», колба на 500 мл, аналітичні терези.

Реактиви. 1. 0,5 г активованого вугілля або алюміній гідроксиду, колба на 500мл, беззольний фільтр «синя стрічка». 2. Реактив Грісса, сухий препарат або 10% розчин в 12% оцтовій кислоті. Якщо відсутній готовий сухий препарат, то його готують наступним чином. Розчиняють 0,1 г α -нафтиламіну в 100 мл дистильованій воді при кип'ятінні протягом 15 хвилин, охолоджують, додають 5 мл льодяної оцтової кислоти і 100 мл 1% сульфанілової кислоти. Суміш зберігають в склянці із темного скла. Реактив повинен бути безбарвним. Допускається слабко-рожеве забарвлення, котра зникає при розведенні 1:40. В іншому випадку знебарвлюють цинковим порошком і для аналізу використовують витриманий знебарвлений розчин. 3. Оцтова кислота 12% розчин. Дистильованою водою розводять 25 мл льодяної ($w=96\%$) оцтової кислоти до 200 мл. 4. Стандартні розчини NaNO_2 .

А) Основний розчин. В мірній колбі місткістю 1 л. в бідистильованій воді розчиняють 1,497 г. висушеного при 105°C нітрату натрію та доводять його до мітки. В 1 мл міститься 1 мг NO_2^- . Розчин консервують, додаючи 1-2 мл хлороформу.

Б) Робочий розчин готують розведенням основного бідистильованою водою в мірній колбі спочатку в 100 разів, а далі отриманий розчин ще в 10 разів. В 1 мл міститься 1 мкг NO_2^- . Застосовують сівжоприготовленим.

Побудова калібрувального графіку. У ряд мірних колб місткістю 50 мл вносять стандартний розчин в кількості 0-0,1-0,2-0,5-1-2-5-10-15 мл, що відповідає вмісту кількості 0-0,1-0,2-0,5-1-2-5-10-15 мкг NO_2^- . В колби доливають дистильовану воду до мітки і додають реактиви (спочатку стандартного розчину і далі 5 мл 10% розчину реактиву Грісса та перемішують) і через 40 хвилин фотометрують в кюветі, товщиною 1-2 см із зеленим світлофільтром ($\lambda=530$ нм) по відношенню до дистильованої води із

додаванням реактиву Грісса. Далі будують графік в координатах оптична густина(A)-вміст нітритів (мкг) [10, 28].

Підготовка проби до аналізу. При наявності мутності та кольоровості нейтралізують шляхом додавання 0,5 г активованого вугілля. Для цього в колбу на 500 мл додають 300 мл води, туди ж додають 0,5 г активованого вугілля. Відстоюють 15-20 хв далі фільтрують крізь фільтр із маркуванням «синя стрічка». Отримують очищену від колоїдів та зависей досліджувану пробу.

Визначення нітрит-йонів у досліджуваному об'єкті. В колбу чи стакан вміщують 50 досліджуваної, освітленої чи попередньо розбавленої проби води, так, щоб її вміст не перевищував 15 мкг нітрит-йонів, при цьому в розрахунках враховують попереднє розбавлення. Додають 5 мл 10% реактиву Грісса і перемішують. Забарвлення з'являється через 40 хв і зберігається незмінною протягом 3 годин. Через 40 хвилин розчини фотометрують при довжині хвилі 530 нм в кюветі на 1-2 см із зеленим світлофільтром по відношенню до чистої дистильованої води, в котру вміщена аналогічна кількість реактиву Грісса як і в досліджувану пробу. Далі розраховують результати за формулою 2.5 в мг/дм³:

$$C(NO_2^-) = \frac{m}{V}; \quad (2.5)$$

де m – маса нітритів, що був знайдений за калібрувальним графіком, мкг;

V – об'єм проби, узятої для аналізу, мл (якщо брали за методикою – 50 мл);

$C(NO_2^-)$ – концентрація нітрит-йонів в мг/дм³.

2.2.6. Визначення вмісту хлорид-йонів методом йон-селективної потенціометрії

Сутність методу. Метод заснований у вимірі електродних потенціалів і знаходженні концентрацій за градувальним графіком або шляхом обчислень (метод найменших квадратів). В даній методиці використовують індикаторний електрод являється хлорид-селективний електрод. ГДК хлорид-

йонів для природної води для господарсько-питного та культурно-побутового призначення складає 350 мг/дм^3 [25, 26].

Обладнання: пристрій для вимірювання величини електродного потенціалу (мілівольтметр), електрод-порівняння (хлорсрібний), хлорид-селективний електрод, ваги лабораторні аналітичні, сушильна шафа, колби із міткою на 50 мл, скляні стакани на 50 мл, піпетки на 10 мл, скляні воронки, колба на 250 мл з міткою.

Встановлення градувальної залежності. У склянки із фіксованою міткою об'ємом 50 мл готують розчину амоній хлориду із концентрацією $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Далі склянки встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди і проводять вимірювання потенціалу в градувальних розчинах від меншої концентрації Cl^- $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Глибина занурення електродів і швидкість перемішування повинні бути однаковими у всіх вимірах. Показання приладу записують після встановлення постійного значення потенціалу. Час його встановлення залежить від концентрації хлорид-йонів та температури в градувальних розчинах і становить від декількох секунд до хвилин [12, 28].

Для кожної концентрації градувального розчину проводять по три паралельних вимірювання потенціалу і за результат приймають середнє арифметичне. Градувальну залежність встановлюють в координатах: значення $p\text{Cl}$ градувальних розчинів ($p\text{Cl} = -\lg[\text{Cl}^-]$, де $[\text{Cl}^-]$ – концентрація хлорид-йонів, моль/дм³) – відповідні їм значення потенціалу, мВ. На основі цього будують встановлюють градувальну залежність. Залежність встановлюють перед кожною серією визначень, а також при заміні вимірювального або допоміжного електродів.

Виконання вимірювання. 10 мл аналізованої проби вносять в стакан об'ємом 50 мл. Стакан встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди, очікують встановлення рівноважного значення потенціалу і записують показання приладу.

Після закінчення вимірювання потенціалу електроди відмивають дистильованою водою. Відмивання електродів відбувається досить швидко при триразовій заміні дистильованої води.

Температура аналізованої проби повинна бути однаковою з температурою розчинів при встановленні градууювальної залежності.

Обробка результатів. Будують калібрувальний графік, залежності ЕРС у мВ від рСІ на основі вимірювань стандартних розчинів або знаходять за методом найменших квадратів досліджуваний рСІ та розраховують $C(\text{Cl}^-)$ у мг/дм^3 .

2.2.7. Визначення сульфат-йонів методом турбідиметрії

Турбідиметричні методи аналізу призначені для визначення сульфат-йонів, залежать або від порівняння помутніння еталонного зразка, або від зникнення джерела стандартного світла через певну глибину каламутної рідини. Метод базується на застосуванні ефекту Тіндаля для турбідиметричного визначення сульфатів [2].

Суть даного методу полягає в осадженні у солянокислому середовищі за допомогою гліколієвого реагенту SO_4^{2-} барій хлоридом у вигляді барій сульфату. Етиленгліколь, котрий уведуть в реакційну суміш при осадженні барій сульфату, стабілізує новоутворену суспензію BaSO_4 , що і робить можливим турбідиметричне визначення сульфатів. Чутливість методу $2 \text{ мг/дм}^3 \text{ SO}_4^{2-}$. Діапазон вимірюваних концентрацій складає від 1 до 20 мг/дм^3 . ГДК сульфат-йонів в природних водах природної води для господарсько-питного та культурно-побутового призначення 500 мг/дм^3 [10, 25, 26, 40].

Обладнання: фотоколориметр КФК-3 із кюветами 2 см; мірний циліндр; піпетки із фіксованою міткою 1, 2, 5, 10 см; колби із фіксованою міткою на 50 мл; колби на 250 мл; скляні стаканчики на 50 мл.

Реактиви. 1. Гліколієвий реагент.

Реактив А. Змішують один об'єм 5% водного розчину барій хлориду із трьома об'ємами гліколю (етиленгліколю) і трьома об'ємами 96% етанолу.

Величину рН регулюють хлоридною кислотою (1:1) в межах 2,5-2,8 і залишають розчин на 2 доби. Розчин стійкий протягом 3-6 місяців [10, 29].

Реактив Б. Готують аналогічно, що і реактив А, при цьому замість барій хлориду додають дистильовану воду таких же кількостях.

2. Барій хлорид 5% (5г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ доводять до 100 мл дистильованою водою).

3. Хлоридна кислота 1:1.

4. Стандартні розчини із йонним зв'язком сульфати (K_2SO_4 , Na_2SO_4).

А) Основний розчин. В мірні колби, об'ємом 1 л. розчиняють 0,9071 г безводного K_2SO_4 і доводять об'єм до мітки. В 1 мл міститься 0,5 мг сульфатів.

Б) Робочий розчин. Отримують розведення основного розчину в 10 разів. В 1 мл розчину міститься 0,05 мг сульфат-йонів.

Підготовка проби до аналізу. Після етапу «відбір проби» зразок одразу фільтрують паперовим фільтром класу «синя стрічка».

Хід визначення. До 5 мл зразку води чи відповідним чином сконцентрованої або розведеної проби (оптимальна концентрація визначення сульфатів 2-2,5 мг/дм³ сульфат-йонів) додають 1-2 краплі хлоридної кислоти 1:1 та 5 мл гліколієвого реагенту А, ретельно перемішують та залишають до завершення повної взаємодії між компонентами протягом 30 хв. Після цього фотометрують в кюветах із товщиною оптичного шару 2 см при світлофільтрі із $\lambda=364$ нм по відношенню до досліджуваної проби, в котрій замість гліколієвого реагенту А міститься гліколієвий реагент Б. Концентрацію сульфат-йонів (мг/дм³) знаходять за калібрувальним графіком або візуально порівнюючи проби і шкали стандартних розчинів. Пробірки за останнім шляхом розглядають зверху на чорному матовому фоні [10].

Приготування стандартних розчинів. У ряд мірних колб, із вмістом 50 мл вносять 0-0,1-0,2-0,4-0,6-0,8-1-1,2-1,4-1,6-1,8-2 мл основного стандартного розчину (в 1 мл 0,5 мг міститься сульфат-йонів), що відповідає 0-1-2-4-6-8-10-12-14-16-18-20 мг/дм³ сульфат-йонів і доводять об'єм до мітки

дистильованою водою. Із кожного розчину відбирають по 5 мл в колориметричні пробірки на 10 мл, додають 1-2 краплі хлоридної кислоти 1:1 та 5 мл гліколієвого реагенту А, ретельно перемішують та фотометрують, як пробу, при цьому по відношенню до дистильованої води, в котру доданий був гліколієвий реагент Б. Калібрувальний графік будують в межах координат оптична густина – концентрація сульфат-йонів (мг/дм^3) або за неможливості знаходять за методом найменших квадратів [10, 28].

2.2.8. Визначення загального вмісту ортофосфатів та поліфосфатів методом фотометрії

Гранично-допустима концентрація у воді природних вод встановлені для багатьох фосфоровмісних сполук, вони мають різноманітні показники шкідливості і нормативи, в основному в межах від тисячних часток до міліграмових кількостей в 1 л води. ГДК фосфат-йонів в природних водах природної води для господарсько-питного та культурно-побутового призначення 500 мг/дм^3 $3,5 \text{ мг/дм}^3$ [25, 26, 40].

Аналіз усіх форм фосфору у водах по суті спирається на вимірювання вільного ортофосфату, в який можуть бути перетворені всі комбіновані форми. Це вимірювання проводиться, за невеликими винятками, за допомогою абсорбціометричних методів, при яких 12-молібдофосфорна кислота утворюється і редукується до фосфомолібденового синього. Багато аналітичних проблем таким чином зосереджуються на точності та чутливості цих процедур. Загальні хімічні міркування та дослідження міжлабораторних та міжметодних порівнянь показують, що аскорбінова кислота в присутності антимонільних йонів є особливо ефективним відновлювачем. Також замість аскорбінової кислоти можна застосувати як відновник станум(II)хлорид. Дія даних відновників саме і надає синього забарвлення, що є аналітичним сигналом про проходження реакції утворення фосфомолібденового синього [32, 33].

Гранично-допустиме визначення ортофосфатів фотометричним методом є $0,001 \text{ мг/дм}^3$. Без розведення проби можливість знайти не більше

ніж $0,4 \text{ мг/дм}^3$ фосфат-йонів. Чутливість є можливість підвищити у 10 разів при підготовці проби до аналізу методом екстракції молібденового комплексу бутан-1-олом [30].

Існує ймовірність наявності силікатів при концентрації більше ніж 50 мг/дм^3 , йонів Fe^{3+} більше 1 мг/дм^3 . Вплив силікатів та йонів Fe^{3+} нейтралізують шляхом розведення основної проби перед визначенням. При обробці результатів розведення враховують [11].

Реактиви. 1. Сульфатна кислота, 5 н. розчин.

2. Сульфамінова кислота, 10% розчин.

3. Аскорбінова кислота, 2% розчин. Застосовують свіжоприготовленим.

4. Антимонілтартарат калію (сурмяно-виннокислий), розчин. В 500 мл дистильованої води розчиняють $0,345 \text{ г } \text{KSbH}_4\text{O}_5 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Зберігають в поліетиленовій тарі.

5. Молібдат амонію, 3% розчин (реактив І). Зберігають в поліетиленовій тарі.

6. Молібдат амонію, 2,5% кислий розчин (реактив ІІ). В мірній колбі ємністю 1 л розчиняють 25 г. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 600 мл дистильованої води і обережно (охолоджуючи) приливають 337 мл сульфатної кислоти густиною $1,84 \text{ г/мл}$. Після охолодження доводять до мітки дистильованою водою. Зберігають в посуді з темного скла для запобігання відновлення її раніше часу молібден синій. Після приготування він буде готовий до використання протягом 48 годин [10].

7. Змішаний реактив. Змішують 12,5 мл 5 н. сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$), 5 мл 3% молібдату амонію (реактив І), 5 мл 2% аскорбінової кислоти, 2,5 мл антимонілтартарату калію і якщо наявні нітрити, то вносять 1 мл 1% сульфамінової кислоти. Застосовують свіжоприготовленим.

8. Розчину станум(ІІ)хлориду.

А) Основний розчин. Розчиняють $1,95 \text{ г } \text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 50 мл розбавленій хлоридній кислоті ($18,4 \text{ мл}$ кислоти $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ розбавляють до

50 мл дистильованою водою). Утворену суспензію ретельно перемішують та зберігають в склянці, котра містить парафін. суспензію перемішують.

Б) робочий розчин. Готують розбавленням 2,5 мл основного розчину SnCl_2 до об'єму 10 мл. Застосовують свіжоприготовленим.

9. Бутан-1-ол.

10. Етанол 96%

11. Стандартні розчини ортофосфатів.

А) Основний розчин. Калій дигідрофосфат висушують протягом 2 годин при 105°C (до постійної маси), охолоджуючи потім в ексикаторі для запобігання сорбуванню води в речовину, що призведе до побічної реакції. Розчиняють 0,1433 висушеного препарату в мірній колбі, ємністю 1 л і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Зберігають в поліетиленовій тарі. В 1 мл міститься 0,1 мг фосфат-йонів. Термін зберігання даного розчину складає 3 місяці.

Б) Робочий розчин. Розбавляють в мірній колбі, ємністю 1 л 10 мл основного розчину і доводять до мітки дистильованою водою. В 1 мл міститься 0,001 мг фосфат-йонів. Застосовують свіжоприготовленим.

Хід визначення. Проба води фільтрується в день відбору через густий паперовий фільтр «синя стрічка» або мембранний фільтр №1. До 50 мл профільтрованої води (або меншому об'єму при вмісті фосфатів $0,4 \text{ мг/дм}^3$, розбавленому до 50 мл дистильованою водою). До 50 мл профільтрованої води (або меншому об'єму при вмісті фосфатів більше $0,4 \text{ мг/дм}^3$) додають 2 мл змішаного реактиву, перемішують і через 10 хв фотометрують при червоному світлофільтрі ($\lambda=690-720 \text{ нм}$) в кюветах із товщиною оптичного шару 2-5 см або на спектрофотометрі ($\lambda=882 \text{ нм}$) по відношенню до 50 мл дистильованої води, в котрі також додано змішаний реактив, об'ємом 2 мл [10, 29].

Дослідження є можливість проводити, використовуючи в якості відновника SnCl_2 . Для цього до 50 мл профільтрованої проби води додають 1 мл кислого амоній молібдату (реактив II) і через 5 хвилин 0,1 мл робочого

розчину станум(II)хлориду, перемішують і через 10 хв фотометрують [10, 28].

Калібрувальний графік. В мірні колби, ємністю 50, вміщують 0-0,5-1-2-5-10-20 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту фосфат-йонів 0-0,0005-0,001-0,002-0,005-0,01-0,02 мг. Доводять об'єм до мітки дистильованою водою, обробляють, як досліджувану пробу води, і на основі неї будують калібрувальний графік в координатах оптична густина-вміст фосфатів (мг). Загальну концентрацію ортофосфат-йонів (мг/дм³) знаходять за рівнянням 2.6:

$$C(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{X \cdot 1000}{V}; \quad (2.6)$$

де С – вміст ортофосфат-йонів, що знайдений за калібрувальним графіком, мг/дм³;

X – вміст ортофосфатів, що знайдений за калібрувальним графіком, мг;

V – об'єм досліджуваної проби, узятій для аналізу, мл.

В деяких випадках при визначенні ортофосфат-йонів побудова калібрувального графіку може не надати бажаного результату. Тому, якщо не вдається побудувати калібрувальний графік і визначити вміст ортофосфат-йонів, то використовують за метод найменших квадратів [12, 28].

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

На основі викладеного, застосування зазначених методів хімічного аналізу надало можливість встановити експериментально якісний та кількісний склад природних вод, що як наслідок був проведений ефективно виконано дослідження. Зазначені методики були заздалегідь узгоджені та заплановані із науковим керівником у їх експериментальному проведенні.

У роботі використовувалися методи аналізу, котрі давали показники з точністю до четвертого знаку. При використанні із фізико-хімічними методами аналізу використовувалися прилади, що є чутливим для визначення концентрації досліджуваного йону.

Встановлення градуовальної залежності для методів йон-селективної потенціометрії, фотометрії та турбідиметрії реалізувалося за допомогою програми OriginPro побудовою калібрувального графіку. На основі побудованого цьому було визначено за допомогою опції в програмі «Linear Fit» значення тангенсу кута нахилу та відстані до нульової точки графіку, що відображало формули розрахунку методу найменших квадратів.

Було проведено усі методики в розділі 2 для встановлення хіміко-екологічного стану поверхневих вод річка Сумка та Косівщинського водосховища та відповідно до цього визначення антропогенного впливу об'єкти дослідження.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД КОСІВЩИНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ТА РІЧКИ СУМКА

3.1 Фізико-географічна характеристика Косівщинського водосховища та річки Сумка

Річка Сумка є правою притокою першого порядку річки Псел та притокою другого порядку річки Дніпро. Відноситься до класу поверхневих природних вод. Басейн річки Сумки займає центральне положення в Сумській області, а саме в Сумському районі та місті Суми. Річка бере свій початок поблизу населених пунктів Новосуханівка, Миловидівка та Степанівка та впадає у річку Псел у центральній частині міста Суми. Геолого-геоморфологічні умови. Басейн р. Сумки розміщений в межах Псельсько-Ворсклинського межиріччя річного позальодовикового ландшафтного району Середньоруської височинної лісостепової провінції сильно розчленованих лесових рівнин. Територія басейну знаходиться в межах південно-західних відроїв Середньоруської височини.



Рис. 3.1 Зображення початку р. Сумка із с. Новосуханівка А із Google мапи, Б знімок із супутника.

Корінні гірські породи представлені відкладами крейди та мергелю верхнього мезозою, які перекриті малопотужними відкладами пісків, пісковиків та глин палеоген-неогенового віку, четвертинні відклади представлені лісами та лісовидними суглинками [7].

Клімат та ґрунтово-рослинний покрив басейну річки. Водозбір річки знаходиться у помірному кліматичному поясі, характеризується помірно-континентальним типом клімату з чітко вираженими порами року. Середньосічнева температура повітря складає $-7^{\circ}\dots-9^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум -38°C . Середньо-липнева $+18^{\circ}\dots+19^{\circ}\text{C}$, з абсолютним максимумом $+33^{\circ}\text{C}$. Річна кількість атмосферних опадів випадає за рік близько 575-600 мм з максимумом влітку [35]. У ґрунтовому покриві домінують чорноземи типові потужні малогумусні на лесовидних суглинках, але також зустрічаються опідзолені та вилугувані чорноземи супіщано-суглинкового механічного складу. Рослинний покрив в основному представлений сільськогосподарськими угіддями на місці кленово-липово-дубових і дубових лісів та природними островами лісів [7].

Даний природний водний об'єкт являє собою малу за розмірами річку довжиною 38 кілометрів та площиною басейну 385 км^2 , впадає у р. Псел у центральній частині центру області м. Суми. Коефіцієнт звивистості складає 1,8. Середня густота річкової сітки складає $0,32\text{ км/км}^2$, що є вищим показником за середній по фізико-географічній провінції. Середні витрати води в гирлі річки Сумки становлять $1,16\text{ м}^3/\text{с}$, максимальні витрати 45- $50\text{ м}^3/\text{с}$, а мінімальні до $0,1\text{ м}^3/\text{с}$, середній багаторічний стік $-36,54\text{ млн. м}^3$ за рік. Морфометричні показники басейну річки наступні: площа басейну -385 км^2 , довжина басейну -21 км , максимальна ширина $-36,6\text{ км}$, середня ширина $-18,3\text{ км}$, асиметрія басейну становить 0,5, похил басейну $-0,65\text{ м/км}$. Річка Сумка має 4 правих притоки більше 10 км: р. Стрілка, р. Липовий Яр, р. Новосуханівка, р. Гуска, та 4 лівих притоки та 1 праву довжиною менше 10 км. Ширина долини річки в середньому близько 1-1,5 км. Глибина річкової долини близько 5-10 м. Для долини річки Сумка характерна

класична асиметрія: правий берег крутий, лівий пологий терасований. Ширина русла в середньому знаходиться в межах від 2 до 8 м, середня ширина – 4 м. Глибина природнього русла незначна 1-1,5 м. Дно, в основному, земляне – вкрите шаром мулу місцями потужністю до 1 м. Прогресує тенденція до замулення річки, зменшення швидкості течії, активно відбувається заростання русла річки. Річка Сумка тече в добре розробленій долині з вираженою заплавою. Деякі частини русла річки спрямлені, падіння річки незначне – 35 м, що є наслідком незначного похилу річки 0,93м/км та зумовлює повільну течію – 0,1-0,4 м/с.

Річний хід рівнів води характеризується високою весняною повінню (водопіллям), на яке припадає приблизно до 70% річкового стоку за рік, слабо вираженими дощовими паводками та низькою літньо-осінньою і зимовою меженню. Живлення річки переважно снігове, при цьому помітну роль також відіграють ґрунтові та дощові води літньо-осіннього періоду. Дощові паводки тривають протягом 1-3 днів, висота підйому рівня води складає приблизно 1 м. Весняна повінь може проходити двома або трьома піками, зумовленими кліматичними та погодними умовами певного періоду. Пізня весна із швидким таненням снігу призводить до формування найбільш високого водопілля, але вона нетривала у часі. Річний мінімум спостерігається в період літньої межени, в цей час рівень води, порівняно із середнім знижується майже на півметра, даний період триває приблизно півтора місяці, а середня тривалість літньо-осінньої межени складає близько 5 місяців. Взимку рівні річкової води дещо вищі ніж улітку, поясненням цього є утворення нестійкого температурного режиму, і як наслідок відлиг у певні періоди часу [21].

Косівщинське водосховище було створено між Степанівкою зі сторони лівого берегу і між селищем Косівщина, що розміщується із правого берегу, селище на сьогоднішній день відноситься до межі міста Суми.



Рис. 3.2 зображення Косівщинського водосховища із Google мапи

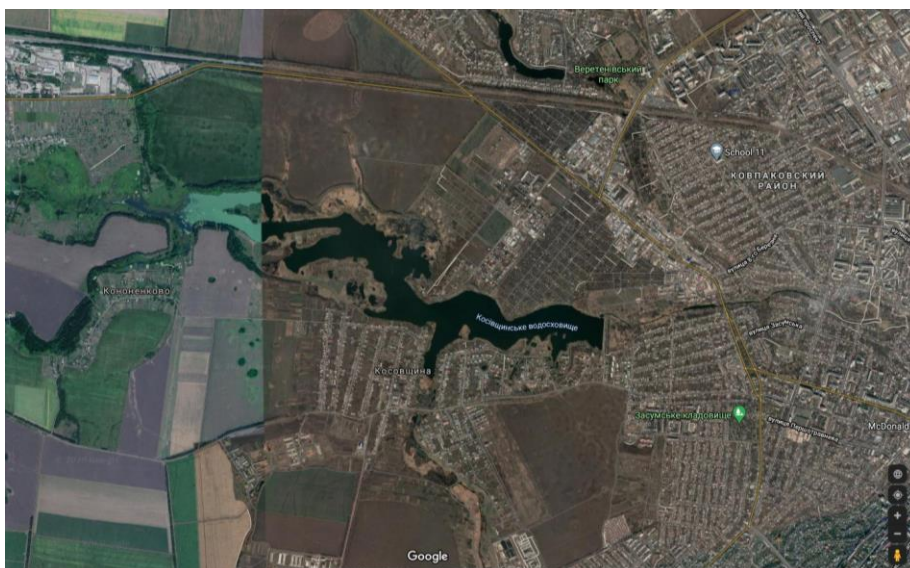


Рис. 3.3 Знімок Косівщинського водосховища із супутника

Водосховище було побудоване у 1960-ті роки ПАТ «Сумхімпром» з метою постачання водних ресурсів для хімічного виробництва кислот та мінеральних добрив. Воно мало забезпечувати водними ресурсами для хімічного виробництва в разі наступу маловодних років на 95% технічною водою в кількості 50 млн м³ при спрацюванні від нормального горизонту (134,5 м до горизонту мертвого об'єму 131,5 м). В більш повноводні роки, потреба у постачанні води водосховищем не було обов'язковим [35].

За даними довідки «Про хід будівництва водосховища на річці Сумка в районі с. Косівщина», підписаної заступником директора Сумського хімкомбінату П. Земляковим, будівництво греблі на р. Сумка було розпочато у січні 1964 р., а закінчено у 1965 році [35].

При організації режиму експлуатації водосховища по гарантованому диспетчерському графіку передбачалася можливість використання водосховища (після його наповнення до проектної позначки НПР) на потреби зрошення в кількості 225 тис.м³ на вегетаційний період.

Проектні параметри водосховища:

- відмітка нормального підпірного рівня водосховища — 134,50 м;
- площа дзеркала води – 540 га;
- об'єм води 14,1 млн м³;
- довжина 11 км;
- середня ширина 0,5 км.

Водосховище оснащено донним випуском.

На правому березі Косівщинського водосховища знаходиться село Косівщина. Межа міста Суми проходить по греблі водосховища.

За даними архівних документів водосховище в квітні 1970 року було наповнене до проектної позначки 134,50 м, що викликало підтоплення житлових масивів м. Суми, розташованих на правому березі р. Сумка. У зв'язку з цим рівень водосховища був знижений до відмітки 131,5 м [36].

На даний момент часу Косівщинське водосховище не виконує тих функцій, котрі були покладені за основу при його проектуванні та створенні. За даними Сумського обласного управління водними ресурсами, рівень води в водосховищі знаходиться на відмітці мертвого об'єму – 131,5 м, повний об'єм водосховища складає 4,10 млн м³, а його площа – 2,4 км².

Внаслідок побудови Косівщинського водосховища відбувається вплив на гідрологічні умови, що сформувалися в межах міста, водність річки Сумки, а також і на умови формування та функціонування водних екосистем.

3.2. Результати хімічного аналізу води Косівщинського водосховища та річки Сумка

Для оцінювання наявності антропогенного впливу на річку Сумка та Косівщинське водосховище, було проведено сезонний хімічний аналіз води. З метою простеження динаміки зміни екологічного стану, було обрано 3 місця відбору води: два з яких – це річка Сумка, одне – Косівщинське водосховище. Координати відбору проб заздалегідь заплановано відобразили на Google mapі, які умовно позначили за назвами географічних місць локалізації природних вод. Відповідно до даного порядку нумерації місць відбору, назви було скорочено у цифровій формі, що проілюстровані на рис. 3.4, кожна із них розшифровується наступним чином:

1. Річка Сумка, село Степанівка (Сумський район) (координати: $x=50.93046$, $y = 34.65934$) – точка «1»;
2. Річка Сумка, вихід з Косівщинського водосховища (координати: $x=50.91909$, $y = 34.75364$) – точка «2»;
3. Косівщинське водосховище, біля дамби (координати: $x = 50.91757$, $y = 34.75238$) – точка «3».

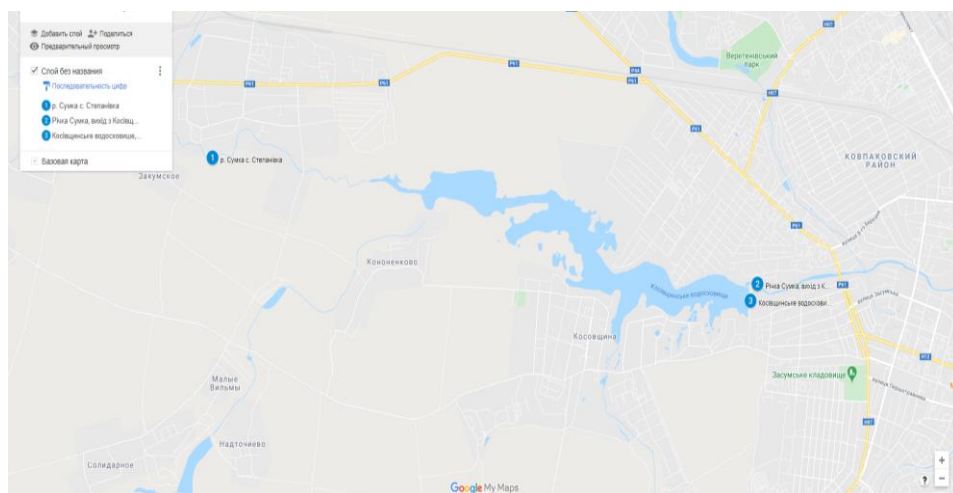


Рис. 3.4 Google мапа, встановлення координат позначень точок місця відбору проб

Помічені точки місць відбору проб були відібрані та використані для експериментального дослідження.

З метою моніторингу та прогнозування динаміки зміни хіміко-екологічного стану водних об'єктів для аналізу були узяті результати досліджень із державних організацій лабораторії Державної Екологічної Інспекції у Сумській області та лабораторії вод і ґрунтів Сумської гідрогеолого-меліоративної партії та експериментально досліджено на базі кафедри хімії та методики навчання хімії Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка. Результати отриманих хімічних показників поверхневих вод були проведені протягом літнього та осіннього періоду 2019 року та протягом осіннього періоду 2020 року. Із результатів державних організацій були узяті дані на усі показники за літній період 2019 року, за осінній період 2019 року лише узяті результати на показники ХСК(БО), рН, SO_4^{2-} , NH_4^+ . Решта показників були визначені нами експериментально на базі лабораторії хіміко-екологічного моніторингу докілья кафедри хімії та методики навчання хімії Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

Аналіз проводилися за 11 показниками із 3 точок відбору проби, два з яких відносяться до річки Сумка, одна до Косівщинського водосховища. Загальна кількість проведених досліджень на кожний аналіз за сезон року складає 81 проведених аналізів, включно із результатами державних організацій. На основі отриманих результатів було встановлена залежність динаміки зміни хіміко-екологічного складу досліджуваних поверхневих вод.

Для визначення концентрацій йонів NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- було виконано фізико-хімічний аналіз методом йон-селективної, побудовано градувальну залежність рХ від електродного потенціалу сигналу йон-селективного електроду. За допомогою наших визначених експериментальних результатів аналізу було побудовано калібрувальні графіки через програму OriginPro. Згідно із рівняння 3.1 було визначено тангенс кута нахилу (slope) та відстань

кривої до нульової функції (intercept). На основі визначеного сигналу електродного потенціалу визначено рХ досліджуваних йонів:

$$y = a + b \cdot x; \quad (3.1)$$

де y – ордината графіку;

x – абцис графіку;

a – відстань кривої до нульової точки графіку, в якому $x=0$, $y=0$;

b – тангенс кута нахилу кривої.

Далі було розраховано концентрацію досліджуваного йону в мг/дм³ за рівнянням 3.2:

$$C(X) = -\text{antlg } pX \cdot M(X) \cdot 1000; \quad (3.2)$$

де $C(X)$ – концентрація досліджуваного йону в моль/дм³;

pX – показник, досліджуваного йону;

M – молярна маса досліджуваного йону, г/моль.

Для визначення вмісту сульфат-йонів було використано фізико-хімічний метод аналізу турбідиметрії. Для визначення концентрації даних йонів було побудовано градувальну залежність концентрації сульфат-йонів в мг/дм³ від коефіцієнту світлопоглинання, котра відображена у формі графіку через програму OriginPro, на основі цього були отримані значення тангенсу кута нахилу та відстані від нульової точки графіку за рівнянням 3.1, відносно цього було визначено концентрацію досліджуваних проб.

Для визначення таких показників як NO_2^- , PO_4^{3-} було використано фізико-хімічний метод дослідження фотоколориметрії, що базується на законі світлопоглинання. Для визначення концентрації йонів було побудовано калібрувальний графік через програму OriginPro, якою встановлено градувальну залежність концентрації досліджуваних йонів від коефіцієнту світлопоглинання, концентрації знайдені спочатку за рівнянням 3.1, а далі за рівнянням 2.5 в мг/дм³ для нітрит-йонів та за формулою 2.6 в мг/дм³ для фосфат-йонів в досліджуваних пробах води.

Для визначення рН та ОВП було використано метод потенціометрії і редоксиметрії, що базувався на вимірі електродного потенціалу скляного електроду.

Визначення хімічного споживання кисню було виконано дослідження методом пермангантного окиснення, на основі отриманих результатів було розраховано кількість споживаного кисню за рівнянням 2.4, перед проведенням дослідження в день аналізу було визначено концентрацію розчину калій перманганату.

Для визначення вільної лужності і вміст карбонат-йонів в поверхневих водах було використано хімічний метод титрування проби хлоридною кислотою, на основі кількості витраченої кислоти було розраховано спочатку вільну лужність за рівнянням 2.2, після цього було розраховано за рівнянням 2.3 концентрацію CO_3^{2-} .

Загальну жорсткість води визначили хімічним методом, через титрування досліджуваної проби трилоном Б, для розрахунку жорсткості використано рівняння 2.1.

Отримані і розраховані результати наведені в таблицях 3.1, 3.2, 3.3.

Таблиця 3.1

Хімічний склад поверхневих вод р.Сумка та Косівщинського водосховища (літо 2019 р.)

Показники якості води	Одиниці виміру	Концентрації речовин			
		ГДК	р. Сумка		Косівщинське водосховище
			1	2	
рН		6,5-8,5	8,3	8,3	7,9
ХСК (БО)	мгО /дм ³	15	41,2	34	51
NH_4^+	мг/дм ³	2,6	0,26	0,37	0,2
NO_2^-	мг/дм ³	3,3	<0,03	0,04	<0,03
NO_3^-	мг/дм ³	45	<0,5	0,76	0,57
PO_4^{3-}	мг/дм ³	3,5	0,51	0,17	0,24
Cl^-	мг/дм ³	350	26,9	37,6	26,9
SO_4^{2-}	мг/дм ³	500	60,1	76	66,1

Таблиця 3.2

Хімічний склад поверхневих вод р.Сумка та Косівщинського водосховища (осінь 2019 р.)

Показники якості води	Одиниці виміру	Концентрації речовин			
		ГДК	р. Сумка		Косівщинське водосховище
			1	2	
pH		6,5-8,5	8	8,4	9
ХСК (БО)	мгО /дм ³	15	22,62	53,82	51,8
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	2,6	0,44	0,19	0,69
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	3,3	0,058	0,115	0,03
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	45	2,28	3,255	0,69
PO ₄ ³⁻	мг/дм ³	3,5	0,62	<0,063	0,26
Cl ⁻	мг/дм ³	350	39,9	58,65	37,5
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	500	58	52	<50

Таблиця 3.3

Хімічний склад поверхневих вод р.Сумка та Косівщинського водосховища (осінь 2020 р.)

Показники якості води	Одиниці виміру	Концентрації речовин			
		ГДК	р. Сумка		Косівщинське водосховище
			1	2	
pH		6,5-8,5	7,67	8,45	8,57
ХСК (ПО)	мгО /дм ³	5	6,96	10,4	8,56
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	2,6	0,15	0,064	0,072
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	3,3	0,148	0,048	0,028
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	45	12	9,635	7,47
PO ₄ ³⁻	мг/дм ³	3,5	0,339	0,049	0,004
Cl ⁻	мг/дм ³	350	30,12	32,7	30,12
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	500	124,2	150	171
Загальна твердість	ммоль/дм ³	10	8,25	4,7	5,1
CO ₃ ²⁻	мг/дм ³		240	168	144
ОВП	мВ		193	190	193

3.3. Оцінка якості поверхневих вод в умовах антропогенної дії

На основі проаналізованих та проведених результатів дослідження встановлено, що не всі показники відповідають державним санітарно-гігієнічним показникам якості води для культурно-побутового призначення – це ХСК та рН.

В точках відбору проби «2» та «3» спостерігається перевищене значення рН. Це свідчить про те, що даний показник впливає опосередковано на індивідуальний показник концентрації NH_4^+ , оскільки в лужному середовищі йон амонію схильний до асоціації та утворення гідроксид-йонів, утворюючи в даному випадку амоній гідроксид. Таким чином показник йону амонію насправді може мати значно вище значення в точках «2», «3» ніж відображено у результатах досліджень таблиць 3.1, 3.2, 3.3. Свідченням цього є порівняння концентрацій NH_4^+ , оскільки місце відбору проби «1» перевищує значення у декілька разів по відношенню до точок місць відбору проб «2», «3».

Перевищене значення ХСК(БО) та отримане нами ХСК(ПО) свідчить про наявність явища, що можна спостерігати в водних об'єктах явища як «цвітіння води», особливо в точках місць відбору «2» та «3».

Порівнюючи результати отриманих результатів досліджень про вміст хімічних інгредієнтів з декількох різних точок відбору проб р. Сумка та Косівщинського водосховища, слід зазначити, що простежується антропогенний вплив на річку Сумка до її впадання у Косівщинське водосховище, в точці «1», що відображене в таблицях 3.1, 3.2, 3.3. Оскільки більшість досліджених показників майже подібні за значеннями, тому водосховище не є пріоритетним об'єктом, де відбувається антропогенний вплив.

На основі результатів отриманих даних за попередні роки із державних організацій моніторингу та проведених нами результатів експериментальних досліджень за якістю природних вод, було побудовано графіки на рис. 3.5 та

рис. 3.6 через програму OriginPro, що відображають динаміку зміни рН та ХСК(БО) в межах періодів, починаючи від 2015 року і закінчуючи 2020 роком.

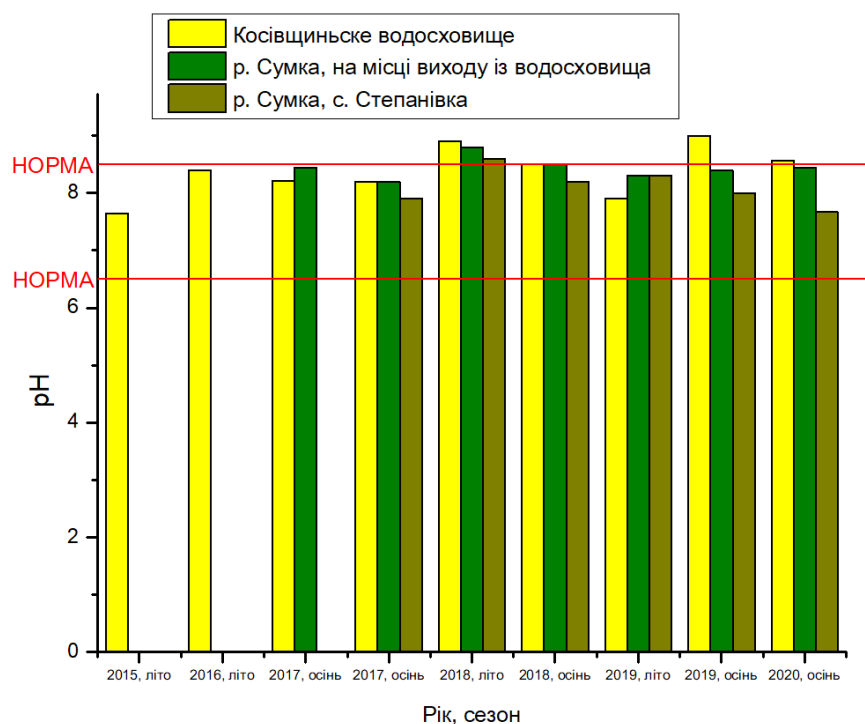


Рис. 3.5 Гістограма річної динаміки коливань рН за літньо-осінній період

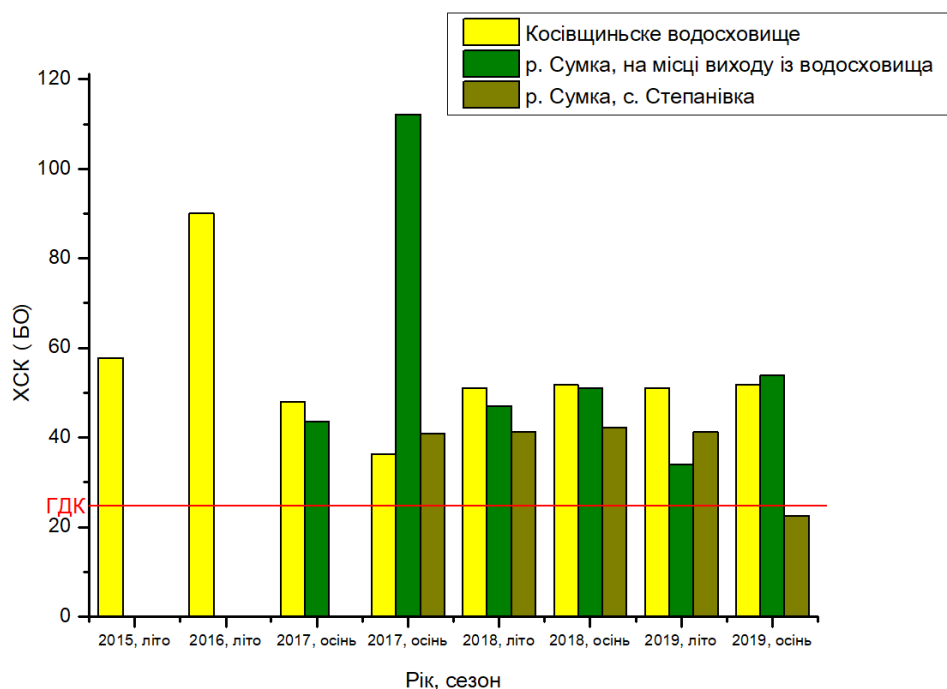


Рис. 3.6 Гістограма річної динаміки коливань ХСК(БО) за літньо-осінній період

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

Із вище вказаних гістограм слід зазначити, що в продовж п'яти років прослідковується надмірне зростання ХСК та підвищений рівень рН, а також за 2020 рік ХСК(ПО), що зазначене в таблиці 3.3.

Підвищене значення ХСК свідчить про те, що р. Сумка та Косівщинське водосховище містять надмірну кількість речовин-відновників, зокрема це органічні речовини, доказом цього є перевищена норма у всіх точках відбору проби. Як наслідок спостерігається явище «цвітіння води» котре екранує подачі кисню та світла ззовні, доказом цього є зовнішній вигляд досліджуваних поверхневих вод, при цьому за останній рік на місці відбору «1» рівень ХСК знизився, тому слід зазначити, що причина надмірного підвищення показника спостерігається після впадіння р.Сумка в Косівщинське водосховище.

Підвищені значення рН свідчать про утворення лужного середовища, як наслідок в даному середовищі утворюються більша частка асоціатів, зокрема це молекули води та гідрокарбонат-йони, які в даному середовищі є більш термодинамічно стійкішими формами. При дослідженні йон-селективною потенціометрією йонів амонію в природній воді, можлива більша частка утворення асоційованої форми NH_4OH в точках відбору проби «2» та «3», що є причиною неможливості повного виявлення йонів NH_4^+ , тому існує ймовірність того, що найбільш отруйна форма Нітрогену неорганічного є більшою після впадіння у Косівщинське водосховище, ніж відображена в таблицях 3.1, 3.2, 3.3., навіть можливе перевищення ГДК.

Було проаналізовано, що досліджувані природні води живляться завдяки сніговому типу живлення, котре за декілька років не є значним, оскільки дане живлення складає більше ніж 50% від усіх типів живлення. За останні роки спостерігається зниження рівню води, що також спричиняє підвищення концентрацій хімічних інгредієнтів р. Сумка та Косівщинського водосховища.

ВИСНОВКИ

1. За результатами огляду літературних джерел за темою дослідження встановлено, що проблема забруднення природних вод є гостроактуальною. Досліджувані водні об'єкти у м. Суми перебувають під значним антропогенним тиском, що впливає на формування хімічного складу природних вод.

2. Комплексом хімічних та фізико-хімічних методів аналізу визначені основні гідрохімічні показники (pH , $T_{\text{заг}}$, CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , ХСК, ОВП) якості поверхневих вод річки Сумка та Косівщинського водосховища. Встановлено, що концентрація головних йонів, біогенних компонентів не перевищує значення ГДК. Показники ХСК свідчать про забруднення води досліджуваних водойм органічними речовинами та сполуками відновниками.

3. За хімічним складом досліджена вода річки Сумка та Косівщинського водосховища має ознаки впливу антропогенного фактору, внаслідок можливих причин:

- господарська та побутова діяльність населення м. Суми;
- забудова біля досліджених природних водойм;
- несправність каналізаційних колекторів;
- мале водне живлення та мала швидкість течії річки Сумка.

4. За результатами дослідження встановлено, що за хімічним складом поверхневі води Косівщинського водосховища та річки Сумка мають незадовільну якість. Стан водойм зобов'язує здійснювати сезонний гідрохімічний та гідрологічний моніторинг та вжити нагальні заходи, котрі сприятимуть нормалізації хіміко-екологічного стану: відновлення очисних споруд, контроль забруднення побутовими та господарськими стоками тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. American Public Health Association, American Waterworks Association, Water Pollution Control Federation, Joint Editorial Board. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [Стандартні методи обстеження води та стічних вод], 15th ed, Denver, Colorado, USA, 1980, p. 185.
2. R. T. Sheen, H. L. Kahler, E. M. Ross, W. H. Betz, and L. D. Betz. Turbidimetric Determination of Sulfate in Water Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition [Турбидиметричне визначення сульфатів у воді]. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition, 7, 4, July 1, 1935. pp. 256-258 URL : <https://doi.org/10.1021/ac50096a022> (дата звернення 07.08.2020)
3. Schwarzenbach1 G. and Flaschka1 H. Complexometric Titrations [Комплексометричне титрування], 2nd ed., New York, Barnes & Noble, 1969.
4. Алекин О. А. К вопросу о химической классификации природных вод. *Вопросы гидрохимии. Труды НИУ ГУГМС*, 1948. Сер. 4. Вып. 32. С. 25-39.
5. Алекин О. А., Воронков П. П. Развитие гидрохимии за последние десятилетия и роль Государственного гидрологического института. *Вопросы гидрохимии. Труды НИУ ГУГМС*, 1946. Сер. 4. Вып. 32. С. 5-24.
6. Алексеев А.И., Середа М.В., Юзвяк С. Химия воды. Теория, свойства применения. СПб.: Щецин, СЗТУ. 2001.
7. Атлас Сумської області / відп. ред. Л. М. Веклич. К., Укргеодезкартографія, 1995. 40 с.
8. Бедрий Я., Грищик В., Канарський Ю. Екологія довкілля. Охорона природи. *Навчальний посібник для студентів вузів К.* : Кондор, 2009. 290с.
9. Більченко М. М., Горбусенко В. А., Касьяненко Г. Я. Хімічний склад поверхневих вод басейну р. Сумка. Екологічні дослідження річкових басейнів Лівобережної України. *Зб. наук. праць за матеріалами Всеукр.*

наук.-практ. конф., 14-16 лист. 2002 р. Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2002. С. 63–69.

10. Болдина З. Н., Ласточкина К. О., Новиков Ю. В. Методы исследования качества воды водоема. М. : Медицина, 1990. 400 с.

11. Валяшко М.Г. Классификационные признаки соляных озер. *Труды института ВНИИГаллургии*. 1952. Вып. 23. С. 53-59.

12. Васильев В.П., Аналитическая химия. Ч. 2. *Физико-химические методы анализа. Учеб. для химико-технол. вузов* Москва : 1989. 384 с.

13. Вернадський В. І. Історія мінералів земної кори. Л. : Госхімвидавництво, 1933. Т. 2. Ч.1.

14. Водний і меліоративний фонди Сумської області : довідник. Суми : 2006. 128 с.

15. Водний кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95. *База даних «Законодавство України» / ВР України*. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>. (дата звернення 12.08.2020)

16. Герасимов А. П. Мінеральні води. Пг. : Природні виробничі сили Росії, 1917. Т. 4. С. 4-158.;

17. Голубева М. Т., Штуковская Л. А. Пособие по методам санитарно-химического исследования воды. М. : Изд. МНИИГ им. Ф. Ф. Эрисмана, 1961. 160 с.

18. ГОСТ 4192-82 Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ. Сб. ГОСТов. М. : ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2010. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200008213> (дата звернення 30.10.2020);

19. Государственные стандарты Союза ССР, Вода питьевая. Методы анализа. М. : Изд-во стандартов, 1984. 239 с.

20. Губський Ю. І. Біологічна хімія: Підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. – 508 с.

- 21.** Данильченко О. С. Гідролого-географічна структура водних ресурсів Сумської області. Київський національний університет ім. Тараса Шевченка 2010. №18. С. 260 – 266.
- 22.** Данильченко О. С., Рибальченко А. С. Гідрологічна характеристика річки Сумки та її басейну. *Теоретичні та прикладні аспекти досліджень з біології, географії та хімії : матеріали I Всеукраїнської наук. конф. студентів та молодих учених м. Суми, 25 квітня 2017 р.* Суми : ФОП Цьома С. П., 2017. С. 65–70.
- 23.** Данильченко О.С. Методика та оцінка антропогенного навантаження на басейн річки Сумки. *Наукові записки Сумського державного педагогічного університету ім. А.С.Макаренка. Географічні науки.* Вип. 4. 3б. наук. праць. Суми : СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2013. С. 42 –50.
- 24.** Доповідь про стан навколишнього середовища у Сумській області у 2019 році. Суми. Сумська ОДА. 2020. 234 с.
- 25.** ДСанПіН «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (зі змінами). *Офіційний вісник України.* 2010. №51. С. 99.
- 26.** ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. К.: Мінекономрозвитку України. 2014. 30 с.
- 27.** Зеркалов Д. В., Ткачук К. К., Ткачук К. Н.. Інженерна екологія: проблеми, моніторинг, управління. Електронний ресурс. Монографія. К. : Основа, 2011. 580 с.
- 28.** Золотов Ю.А. Аналитическая химия : проблемы и достижения. М. : 1992. 284 с.
- 29.** Калабіна Л. В., Набиванець Б. Й., Сухан В. В. Аналітична хімія природного середовища. Підручник. К. : Либідь, 1996. 304 с.
- 30.** Положення Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" від 01.07.2010 р. № 52/17747//База даних «Законодавство

України» / ВР України.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
(дата звернення 18.08.2020).

- 31.** Резников А. А., Муляковская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа природных вод. М. : Недра, 1970. 427 с.
- 32.** Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977, 542 с.
- 33.** Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977, -542 с
- 34.** Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Підручник. К.: Ніка-Центр, 2001. 264 с. (35)
- 35.** Справка о ходе строительства водохранилища на р.Сумка в районе с.Косовщина, 1965.
- 36.** Степаненко О. М., Рейтер Л. Г., Ледовських В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія у 2-х частинах Ч. 1 : Підручник для студентів вузів. Київ : Педагогічна преса, 2002. – 520 с.
- 37.** Тюленева В.А. Оценка антропогенных изменений в бассейнах малых рек. Проблемы охраны і раціонального використання природніх ресурсів Сумщини : *Зб. наук. праць*. Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 25 – 29.
- 38.** Унифицированные методы анализа вод СССР. Выпуск I. Л. : Гидроматериалознаство, 1978. 145 с.
- 39.** Унифицированные методы анализа вод. 2-е изд. / Под ред. Ю. Ю. Лурье, М : Химия, 1973. 375 с.
- 40.** Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. I. Методы химического анализа вод. 3-е изд. СЭВ. М., 1977. 830 с.
- 41.** Хільчевський В. К. , Осадчий В. І. , Курило С. М. Основи гідрохімії : підручник. К. : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
- 42.** Хільчевський В. К., Савицький В. М., Красова Л. А., Гончар О. М. Польові та лабораторні дослідження хімічного складу води річки Рось :

навчальний посібник; за ред. В. К. Хільчевського. К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. 143 с.

43. Чернобыль: радиоактивные загрязнения природных сред / Под ред. Ю.А. Израэля. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 296 с.